عالم الفطريات

تأليف
الأستاذ الدكتور
محمد على أحمد
دكتوراه من جامعة جورج أوجست - جوتنجن - ألمانيا الغربية
أستاذ أمراض النبات - كلية الزراعة - جامعة عين شمس

الطبعة الأولى
١٩٩٨ - القاهرة



الدار العربية للنشر والتوزيع

عالم الفطريات

رقم الإيداع : ١٠٠٠٧ / ٩٧
I. S. B. N. 977 - 258 - 112 - 5

الطبعة الأولى
١٩٩٨

للدار العربيــة للنشــر والتوزيع
٣٢ شارع عبـاس العقاد - مدينة نصر
ت : ٢٧٥٣٣٣٥ فاكس : ٢٧٥٣٣٨٨

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية فى بلادنا يوما بعد يـوم ؛ ولا شك أنــه فــى الغـد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التى طالما أمتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها . ولا ريب فى أن إمتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافى فكرى للأمة نفسها ، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً ، طلاباً وطالبات ، علماء ومثقفيـن مفكرين وسياسين فى سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغة عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم ، لأنها لغـة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى ، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية ، فكانت لغة العلوم والأدب ، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة .

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى . فقد كان المرجع الوحيد للعلـوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب ، ولم ينكر الأوروبيون ذلـك ، بـل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق ، وهذا يشهد بـأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف ، وإنها قادرة على التعبـير عـن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم وإن غيرها ليس بـأدق منـها ، ولا أقـدر علـى التعبير .

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار الـتركى ، ثـم البريطانى والفرنسى ، عاق اللغة من النمو والتطور ، وأبعدها عن العلـم والحضـارة ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير ، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة ، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء ، والعلماء فى إنماء اللغة وتطويرها ، حتـى أن مدرسة قصر العينى فى القاهرة ، والجامعة الأمريكية فى بـيروت درسـتا الطـب بالعربية أول إنشائها. ولو تصفحنا الكتب التى ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يـدرس

فيهما باللغة العربية لوجدناها كتباً ممتازة لا تقل جودة عن أمثالها من كتب الغرب في ذلك الحين ، سواء في الطبع ، أو حسن التعبير ، أو براعة الإيضاح ، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد ، وسادت لغة المستعمر . وفرضت على أبناء الأمة فرضاً ، إذ رأى المستعمر في خنق اللغة العربية مجالاً لعرقلة الأمة العربية .

وبالرغم من المقاومة العنيفة التي قابلها ، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبي فيما يتطلع إليه . فتفننوا في أساليب التملق له اكتساباً لمرضاته ، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة . يشككون في قدرة اللغة العربية على استيعاب الحضارة الجديدة ، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر : ((علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر ، فإذا حكمت لغتنا الجزائر ، فقد حكمناها حقيقة)) .

فهل لي أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر – في أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير ، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس في جميع مراحل التعليم العام ، والمهني ، والجامعي ، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية في مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم . وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب ، نظراً لأن إستعمال اللغة القومية في التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوي ، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية ، ويرتفع بمستواه العلمي ، وذلك يعتبر تأصيلاً للفكر العلمي في البلاد ، وتمكيناً للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها في التعبير عن حاجات المجتمع ، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم .

ولا يغيب عن حكوماتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحياناً ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية في سلك التعليم والجامعات، ممن ترك الاستعمار في نفوسهم عُقداً وأمراضاً ، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها في العالم لا يزيد على خمسة عشر مليون يهودياً ، كما أنه من خلال زياراتي لبعض الدول واطلاعي

وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والأدب والتقنيـــة ، كاليابان ، وأسبانيا ، وألمانيــا ، ودول أمريكا اللاتينيـــة ، ولم تشك أمة من هذه الأمـــم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة ، فهل أمة العرب أقل شأناً من غيرها ؟! .

وأخيراً .. وتمشياً مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع ، وتحقيقاً لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى ، وتشجيع العلماء والبــاحثين فى إعادة مناهج التفكـــير العلمـــى وطرائقــه إلى رحاب لغتنا الشريفـــة ، تقوم الـــدار بنشر هذا الكتاب المتمـــيز الـــذى يعتبر واحداً من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الـــدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة .

وبهذا ... ننفذ عهداً قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغـــة الوحـــى. وفيما أراده الله تعالى لنا من جهاد فيها .

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم : (وقل اعملـــو فســـيرى الله عملكـــم ورسوله والمؤمنون وستردون إلى عالم الغيب والشهادة فينبئكم بما كنتم تعملون).

محـــمـــد أحـــمـــد دربـــالـــة
الدار العربية للنشر والتوزيع

إهـــداء

إلى نبع الحب والعطاء

إلى رمز الإخلاص والوفاء

إلى زوجتي الحبيبة

أهدي هذا الكتاب

د. محمد [illegible]

٢١ / ٩ / ١٩٩٧



مقدمة

يهتم هذا الكتاب بالنشاط الحيوى للفطريات التى تحيط بنا ، والتى لا يكاد يخلو نظام بيئى من وجودها ؛ فيتأثر بها وتتأثر هى به . فالفطريات تحلل المركبـــات العضويـــة المعقدة ، وتشارك الكائنات الحية الأخرى حياتها ؛ مؤثرة بذلك على حياة الإنسان وبيئته التى يعيش فيها ؛ سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشرة .

ويقدر عدد أنواع هذه الفطريات بحوالى ١,٥ مليون نوع مختلف ، لا نعرف منـــها سوى ٧٧ ألف نوع تقريبا ؛ أى حوالى ٥,١ ٪ فقط ، يضاف إليهم حوالى ألـــف نـــوع جديد سنويا ، يتم اكتشافها نتيجة أبحـــاث العاملين فى هذا المجال الحيوى الـــهام فـــى جميع أنحاء العالم .

وهذا يوضح لنا بجلاء أن معظم الأنواع الفطرية مازالت مجهوله لنا ، ومازال العالم واقفا على أعتاب عالم الفطريات الذى لاحدود له ، حتى ونحـــن فـــى نهايـــة القـــرن العشرين .

وتظهر الفطريات اختـــلافات كبيرة بينها وبين بعضها ؛ سواء فى شكلها الخارجى، أو فى نمطها الغذائى ، وأيضا فى طريقة تكاثرها ، ووسيلة انتشارهـــا . فـــهى تنمـــو مشاركة لحياة عديد من الكائنات الحية الأخرى ، سواء فى حياة تبـــادل المنفعـــة ، أم متطفلة عليها وممرضة لها ، أو مترممة على مخلفاتها وإفرازاتها .

وتتخصص عديد من الأنواع الفطرية فى النمو على المواد العضويـــة المختلفـــة ، وتحللها إلى مكوناتها الأساسية ؛ وبذلك تعيد إلى الطبيعة المركبات الأساسية الأولية مرة أخرى ؛ مما يحمى البيئة من التلوث ، ويحافظ على التوازن البيئى . كما تنمو بعـــض الفطريات فى مياه الأنهار والبحار والمحيطات ، وعلى سطوح الأوراق ، وفى التربـــة الزراعية ، وفى البيئات المرتفعة الحرارة ، أو تحت ظروف التجمد .

وهكذا تتواجد الفطريات فى كل مكان تقريبا ، نامية وسط ظـــروف صعبـــة بالغـــة التعقيد ، وعوامل بيئية قاسية ، وأعداء طبيعية لا ترحم . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الفطريات استطاعت تحمل هذه المحن ، متأقلمة مع تلك الظـــروف المتباينة ، حاملـــة

بين جوانحها ذخيرة لا تنفذ من العوامل الوراثية التى تتغير وتتبدل ، منتجـــة أنماطـــا مختلفة من الأنواع والسلالات التى استمرت محتفظة بحيويتها ونشاطها منـــذ نشأتـــها الأولى حتى الآن ، فى الوقت الذى انقرضت فيه أحياء أخرى لا حصر لها .

وفى خلال العقود الثلاثة الماضية ، حدثت طفرة عظيمة فى دراســة الفطريــات ، حيث لم يهتم بها علماء الفطريات فقط ، ولكنــها أصبحــت محــط اهتمــام البــاحثين والدارسين من مختلف المجالات ؛ من الطب البشرى إلى تخزيــن الحبــوب ، ومـــن الإنتاج الزراعى إلى فن العمارة وهندسة التشييد ، ومن العلوم البحتـــة إلـــى الحـــرب البيولوجية ، ومن الهندسة الوراثية إلى ميكروبيولوجيا الفضاء .

إننا أمام كائن حى بسيط التركيب ، عميق التأثير ، واســع الانتشــار ، وهبــه الله سبحانه وتعالى قدرات لا حصر لها ، فاستطاع أن يجعل من أفراده جنودا تغزو جميـــع الأنشطة الحيوية الهامة التى يقوم بها الإنسان ، مؤثرة تأثيرا كبيرا فى البيئة من حوله ، وعلينا نحن إزاحة الستار عن هذا الدور الحيوى الهام الـــذى تقــوم بــه الفطريــات ، ومحاولة فهمه ، ثم الاستفادة منه فى تحسين مستقبل البشرية وزيادة رفاهيتها .

أ. د. محمد على أحمد

المحتويات

الموضوع رقم الصفحة

تمهيد

الباب الأول
المملكة الفطرية

الباب الثانى
الفطريات الحفرية

الباب الثالث
الفطريات المائية

تابع

الباب الثالث

تابع
الباب الثالث

الباب الرابع
الفطريات الأرضية

الباب الخامس
فطريات الأوراق

تابع
الباب الخامس

الباب السادس
فطريات الروث

تابع
الباب السادس

الباب السابع
فطريات الرماد

الباب الثامن
الفطريات والنيماتودا

تابع
الباب الثامن

الباب التاسع
الفطريات والحشرات

تابع
الباب التاسع

تابع
الباب التاسع

تابع
الباب التاسع

الباب العاشر
الفطريات والإنترنت

ملاحق

تمهيد

أولاً : نشأة الأحياء الدقيقة :

كوكبنا الذى نعيش عليه هو مركز الحياة بكل صورها ، فلم تسفر الدراسات الحديثة عن وجود حياة ما على الكواكب الأخرى التى عرفها الإنسان مثل المريخ ، أو حتى على القمر ، ولكن يجب ألا يكون ذلك حكماً مسبقاً عن استحالة وجود حياة أو أحياء فى الفضاء الخارجى ، فمازالت وكالات الأنباء تنقل إلينا أخبار وجود آثار لأحياء دقيقة على الصخور المتساقطة على سطح الأرض ، قادمة من الفضاء الخارجى .

ولقد فتح ذلك فرعا حديثا من فروع العلم ، يسعى لدراسة أحياء الفضاء الخارجى Exobiology ، حيث يجهد العلماء أنفسهم للبحث عن احتمالية وجود كائنات حية على الكواكب والأقمار من حولنا ، ومازال ذلك الموضوع يحيطه كثير من الغموض .

وكانت ماهية الحياة وكنهها من أكثر الموضوعات المبهمة المحيرة للإنسان على مر العصور ، وامتلأت أساطير الشعوب القديمة بالكثير عن قصص بداية الخليقة ، واستمد أصحاب هذه الأساطير معلوماتهم المتواضعة مما يدور حولهم .

فقد اعتقد القدماء أن طفيليات الأمعاء تتكون نتيجة فساد الجهاز الهضمى ، حيث يتم تخليق هذه الطفيليات من الغشاء المخاطى المبطن لجدار الأمعاء ،كما اعتقدوا أن الضفادع والثعابين تتوالد من الطمى المترسب على ضفاف الأنهار ، وأن الذباب يتكون من الغذاء المتعفن ، والديدان تتكون من المخلفات الحيوانية .. وهكذا .

ولقد وصل الأمر إلى اعتبار هذه المعتقدات علما يكتب ويدرس خلال العصور الوسطى ، حيث أكد علماء هذه الفترة أن الثعابين غير السامة تتكون من شعر النساء عند إلقائه فى مكان رطب مظلم ، بينما تتكون الثعابين السامة من الأعمدة الفقرية للجثث التى ارتكب أصحابها ذنوبا فى حياتهم . ودرس تلاميذ الاغريق هذه الخرافات على أيدى علماء وحكماء هذه الفترة ولقرون طويلة .

كما كان الاعتقاد السائد لدى هذه الشعوب القديمة أن المرض عقوبة توقع على الإنسان من قوة خارقة للطبيعة ، وأرجعوا أسباب المرض إلى الأرواح الشريرة ، فعلى

سبيل المثال اعتقد البابليون أن المرض عمل من أعمال الشيطان الذى يطوف على الأرض وخلال الهواء ، ثم وضعوا العديد من التضرعات المطولة والتعاويذ الواقية .

وجاء ابقراط (أبو الطب) Hippocrates (٤٦٠-٣٧٧ قبل الميلاد) يعلم تلاميذه ان الهواء هو مصدر الاوبئة ، ولقد تناول كثيرون بعده هذه النظرية ، فقال بعضهم ان الهواء انما يكون مصدر الوباء بفعل الشيطان ، وقال اخرون انه من عمل إله غاضب من تجاوزات البشر ، وقال غيرهم انه يحدث بتأثير الأجرام السماوية أو الاهتزازات الأرضية أو هبوب الرياح . ولقد ظلت هذه النظرية ذات سلطان على رجال الطب مدة تزيد على ألفى عام .

ولا يزال هناك من يعتقد أن القحط والحروب والأوبئة إنما تنشأ من ظهور علامات فى قرص الشمس ، أو اقتراب الأجرام السماوية بعضها من بعض ، فعلى سبيل المثال عزا المؤرخ المشهور وبستر Webster ظهور الأوبئة إلى حدوث الزلازل والهزات الأرضية ، وكذلك العالم سيدنهام Sednham الذى اعتقد بأن هناك حوادث طبيعية لا ترجع فى منشئها إلى الحرارة أو البرودة ، ولا إلى الرطوبة أو الجفاف ، ولكنها تعزى إلى تغيرات خفية فى باطن الأرض ، لا يمكن تعليلها ، تتصاعد منها ذرات تلوث الجو ، وتؤثر فى أجسام الناس فيصابون بالأمراض .

كما أعتقد - فى ذلك الوقت - أن الأراضى المنخفضة والمستنقعات هى الأماكن التى تتصاعد منها هذه الأبخرة الضارة ، فتنتشر وتسمم الهواء . غير أن البحوث التى اجريت بعد ذلك زحزحت نظرية التصاعد من مكانها ، اذ لوحظ انتشار الأوبئة والأمراض فى جميع أنحاء العالم تقريبا .

وكانت تسود بعض الآراء التى يعتقد أصحابها فى أن منشأ المرض يرجع إلى نشاط بعض الأحياء الدقيقة ، إلا أن ذلك كانت تنقصه البراهين التى تؤكده ، وكانت معظم هذه الاراء فلسفية ، وخاصة فى الوقت الذى كانت فيه هذه الأحياء الدقيقة مازالت عالما مجهولا غير مرئى .

ويعتبر الهولاندى ليفنهوك Antony van Leeuwenhock أول من استطاع رؤية الأحياء الدقيقة عام ١٦٧٣ ، وربما كان من المتوقع أن يؤدى هذا الحدث العظيم إلى تقدم سريع فى معرفة الدور الذى تلعبه هذه الأحياء الدقيقة - ومنها الفطريات بطبيعة الحال - فى البيئة من حولنا .

غير أن ذلك لم يتحقق ، وانقضى ما يقرب من قرن من الزمان قبل أن يحدث اكتشاف اخر ذو قيمة علمية . ولم تكن رؤية هده الأحياء الدقيقة هي العامل المحدد لتطور هذا العلم ، ولكن كان المهم هو معرفة كيف تتكون وما طبيعة نشاطها .

ولقد كان الاعتقاد المسلم به – فى ذلك الوقت – أن الأحياء جميعها تتكون من ذاتها ، فقد ذكر هومر Humer شيئا عن أناس كوّنتهم الطبيعة ، كما لو كانت الأرض قد ولدتهم، وكان فلاسفة الإغريق القدماء وعلى رأسهم أرسطو Aristotle (٣٨٤ – ٣٢٢ قبل الميلاد) يعتقد فى نشأة الكائنات الحية من مواد غير حية ، والتى سميت بعد ذلك بنظرية التوالد الذاتى spontaneous generation واستمرت حتى قرب نهاية القرن الماضى .

ولعله من المثير للتعجب ما وصفه عالم الطبيعيات البلجيكى هيلمونت Baptista van Helmont فى القرن السابع عشر من تعليمات دقيقة عن التوالد الذاتى للفئران ، تتلخص فى وضع بعض حبوب الشعير والقمح فى قاع إناء من الفخار ، ثم يوضع فوقها طبقة من الخرق البالية ، ثم طبقة أخرى من هذه الحبوب ، وفوقها طبقة من الخرق ... وهكذا إلى أن يمتلئ الوعاء .

وبعد الانتهاء من إعداد الوعاء ، يلف بقطعة من القماش ، ويترك فى زاوية قبو مظلم لمدة ثلاثة شهور . وبعد انتهاء المدة يزال الغطاء ، فتشاهد فئران كبيرة تقفز منه ، بينما يلاحظ وجود فئران صغيرة داخل الوعاء بالقرب من سطحه ، وفئران صغيرة جدا تحت التكوين موجودة فى قاع الوعاء !.

وفى القرن السادس عشر ظهرت عدة وصفات لصنع ضفادع ونحل ، حيث دعم نظرية التوالد الذاتى أن هذه الأحياء لم تذكر فى التوراة ضمن الأحياء التى أخذها نبى الله نوح – عليه السلام – مع ما أخذه من أحياء فى الفلك ، فلابد أنها تتكون بطريقة أخرى غير التكاثر المعتاد .

ولقد تطلب تفنيد هذه النظرية الخاطئة مئات السنين من جهود العلماء ، لكى يثبتوا أن كافة صور الأحياء تنشأ فقط من أحياء سابقة ومشابهة لها . ففى منتصف القرن السابع عشر شكك العالم الإيطالى ريدى (١٦٢٦ – ١٦٩٧) Francesco Redi فى نظرية التوالد الذاتى ، بعد أن تأكد بالتجربة من ظهور اليرقات فى اللحم المتعفن الذى ترك مكشوفا لعدة أيام ، وعدم ظهورها فيه لو أحكم عليه الغطاء . وفسر ذلك بوضع

الذباب لبيضه على اللحم المكشوف ، والذى يفقس عن تلك اليرقات التى تـرى كأنـها نشأت من اللحم نفسه .

وفى منتصف القرن الثامن عشـر (عـام ١٧٤٩م) فسـر الراهـب الكـاثوليكى الإنجليزى نيدهام (١٧١٣ - ١٧٨١) John Needham ظهور كائنات دقيقة فى حساء الدجاج وعصير الخضراوات - بعد تسخينها فى أنابيب الاختبار الزجاجية وتغطيتـها بالفلين لعزلها عن الهواء - بأنها تولدت ذاتيا فى ذلك المحلول المغذى .

وأعاد الباحث الإيطالى سـبالانزانى Lazzaro Spalanzani (١٧٢٩ - ١٧٩٩) المعاصر لنيدهام التجربة السابقة ، ولكنه أحكم عمليتى التسخين والعزل عن الـهواء ، فبقى الحساء خاليا من نمو الكائنات الدقيقـة لمدة طويلة ، وأدى ذلك إلى بداية الشـك فى نظرية التوالد الذاتى ، وبداية ظهور نظرية الأصل الحيوى للأحياء Biogensis



شكل (م - ١) : العالم الفرنسى لويس باستير Louis Pasteur فى معمله بباريس . ويظهر على منضدة التجـارب نموذج لقارورة ذات فوهة طويلـة وضيقة ، من تلـك التـى استعملها باستير فى تجاربه لإثبات الأصل الحيوى للأحياء .

كما أدى الفحص الميكروسكوبى لهذه الأحياء الدقيقة التـى تسـبب فسـاد اللحـوم والمنتجات النباتية إلى نتائج حيرت علماء ذلك العصر ، حيث سادت شكوك قوية عـن كيفية تكوين هذه الأحياء ، وعن مصدرها ، سواء أكانت من الهواء أم متكونة ذاتيا من هذه المواد المتعفنة نفسها .

ولقد ظلت هذه الأسئلة – وغيرها – موضع حيرة العلماء مدة طويلة من الزمـن ، وكانت التجارب تعطى نتائج مبهمة ، وظل الغموض يكتنف نشأة هذه الأحياء الدقيقة ، ربما استمر ذلك لفترة أطول لولا تجربة حاسمة قام بها احد العلماء الفرنسيين .

وكان هذا العالم الفرنسى هو لويتس باسيتر (١٨٢٢ – ١٨٩٥) Louis Pasteur ، الذى أنهى ذلك الجـدل الطويل حـول قضية أصل الحياة على الأرض بتجارب متقنة، صمم خلالها قـارورة لا تسمح بدخول الكائنات الدقيقة إلى المحلول الغـذائى بعـد تعقيمه بالتسخين، فبقى مدة طويلة دون أن يتلوث . ولقد عرض باسـتير نتـائج هـذه الأبحاث القيمة فى جامعة السوربون بباريس فى ٧ من ابريل ١٨٦٤.

ثانيا : المجهر ، ورؤية العالم الخفى :

نشأ علم دراسة الأحياء الدقيقة عندما تعلم الإنسان كيف يصقل الزجاج ليصنع منـه عدسات مكبرة ؛ حيث ظهرت أول عدسة مكبرة فى القرن الحادى عشـر ، وصنعـت أول نظارة فى القرن الثالث عشر فى شمال ايطاليا ، وكانت تعتبر – حينـذاك – مـن الأدوات الباهظة الثمن . وهكذا بدأت صناعة المجـاهر (الميكروسـكوبات) ، التـى جعلت فى الإمكان رؤية العالم الخفى .. عالم الأحياء الدقيقة .

ولقد تنبأ كثيرون بوجـود الأحياء الدقيقـة دون أن يشاهدوهـا ؛ ففـى القـرن الثـالث عشـر ، افترض باكون Roger Bacon أن الأمـراض تنتج عـن مسـببات حيـة غيـر مرئيـة . وكـان ذلك رأى كثيـرين ؛ مثل فيرونا (١٤٨٣ – ١٥٥٣) F. Verona ، وبلانسيز (١٧٦٢) Plenciz ، ولكن لم يتوافر لديهم الدليـل القـاطع لإثبات افتراضهم .

وفى عام ١٦٥٨ ، وصف الراهب كريشر Kricher هذه الأحيـاء الدقيقـة دون أن يراها ، واعتقد أنها ديدان صغيرة غير مرئية للعين المجردة ، تتسبب فى تلـف اللحـم وغيره من المواد الغذائية .

وكانت بداية عصر رؤية عالم الأحياء الدقيقة على يد صانع العدسات الهولندى ليفنهوك Antony van Leeuwenhock " ؛ والذى عاش فى دلفت Delft فى الفترة من عام ١٦٣٢ إلى ١٧٢٣ ؛ حيث سجل أولى مشاهداته لذلك العالم الخفى المثير عام ١٦٧٣ ، واستمر بعد ذلك – ولمدة نصف قرن – فى فحص ومراقبة الأحياء الدقيقة باستعمال مجاهر بسيطة صغيرة الحجم مكونة من عدسة واحدة .

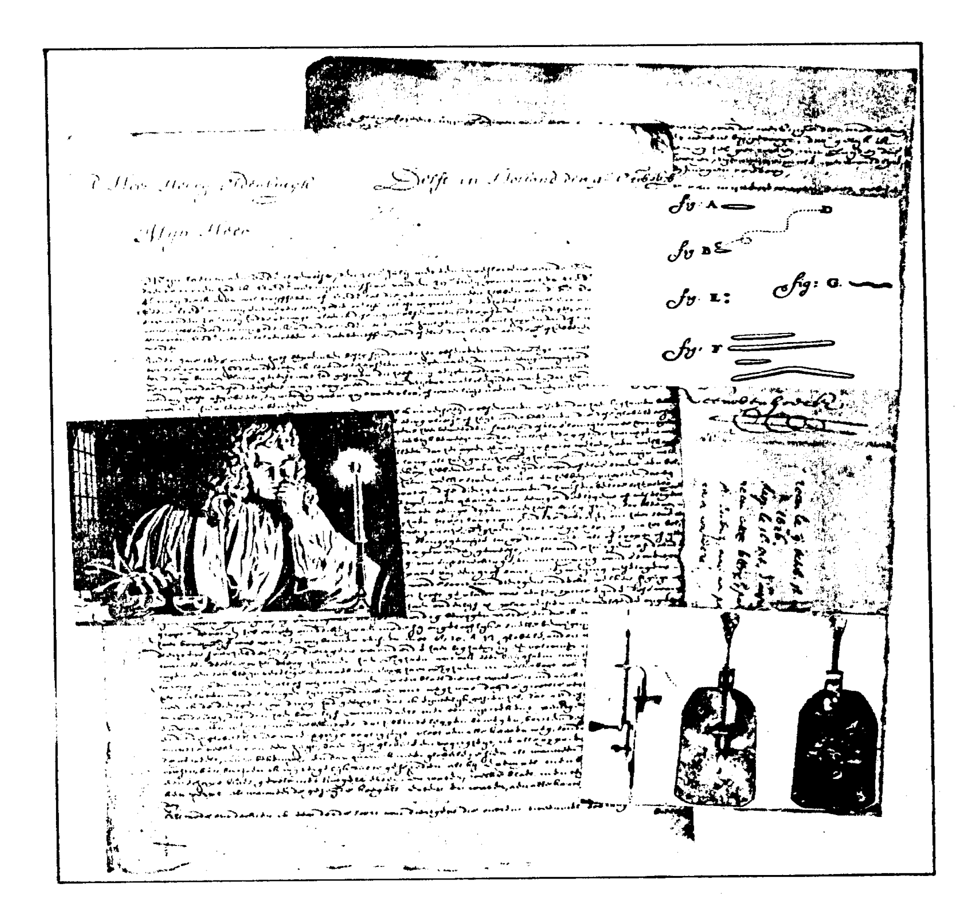
ولم يكتف " ليفنهوك " بالفحص والمشاهدة ، بل دون مشاهداته ورسمها . ولقد قاده فضوله اللانهائى إلى البقاء ساعات طويلة لفحص العينات التى كان يجمعها من البرك ، ومياه الأمطار ، بل ومن بقايا الطعام بين أسنانه وأسنان الاخرين . وتوضح رسوماته أنه شاهد بعض أنواع من البروتوزوا والبكتيريا والخمائر والفطريات .

وساعد " ليفنهوك " على عمله خبرته فى صناعة العدسات ؛ حيث تمكن بمفرده من تصميم أكثر من ٢٥٠ نظاما مجهريا مختلفا . وفى احد هذه الأنظمة ، كانت العدسة العينية عبارة عن عدسة محدبة الوجهين ، صغيرة فى حجم رأس الدبوس ، ذات بعد بؤرى قصير ، وتعطى تكبيرا للمرئيات من ٢٥٠ مرة إلى ٣٠٠ مرة .

وبمساعدة هذه المجاهر (الميكروسكوبات) استطاع " ليفنهوك " رؤية عديد من أنواع الكائنات الدقيقة المختلفة ، وأطلق عليها اسم " الحيوانات الوحشية (البرية) الصغيرة " ، وسجل فى كتابه " أسرار الطبيعة المكتشفة بواسطة المجهر " هذه المشاهدات والرسومات العلمية القيمة .

وعلى الرغم من أن قوة التكبير للمجاهر البدائية التى استخدمها " ليفنهوك " كانت متواضعة ، إلا أنه استطاع باستخدامها فتح عصر مشاهدة العالم الخفى المثير للأحياء الدقيقة . كما كان " ليفنهوك " بارعا متفتح الذهن ، ذا عقل واع ، استطاع أن يسجل مشاهداته ، ويرسلها إلى الجمعية الملكية البريطانية British Royal Society فى مجموعة من الخطابات تزيد على ٢٠٠ خطاب .

وكان أول خطاب أرسله " ليفنهوك " إلى هذه الجمعية (حاليا : أكاديمية العلوم الإنجليزية) بتاريخ ٧ من سبتمبر عام ١٦٧٤ ؛ حيث أرسله إلى سكرتير الجمعية – حينذاك – أولدينبرج H. Oldenburg ، ووصف فيه هذه الحيوانات الوحشية (البرية) الصغيرة التى شاهدها تتحرك تحت المجهر . وأعلن " ليفنهوك " عن نتائج أبحاثه بعد ذلك ، إلا أنه لم يفصح عن سر تصميم مجهره .

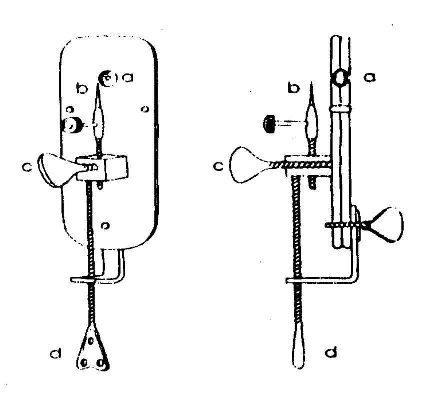


شكل (م – ٢) : العـــالـــم الهولاندى ليفنـــهوك Antony Van Leeuwenhock أول مـــن شاهد الكائنــات الحية الدقيقــة باســتعمال ميكروســكوب (مجـــهر) بســيط التركــيب، صممه بنفســه من عدسة واحدة . ولقد سجل ليفنهوك مشاهداتـــه فى خطابات أرسلها إلى الجمعية العلمية الملكية بلندن.

وقد قابل أغلبُ علماء هذه الجمعية ملاحظات ومشــــاهدات " ليفنـــهوك " حينـــذاك بالسخرية ، إلا أن بعضهم عضده ؛ مثل العالم روبرت هوك (١٦٣٥ – ١٧٠٣) R. Hooke الذى طور صناعة الميكروسكوبات بعد ذلك ؛ مخترعا الميكروسكوب المعقـــد ذا العدسات العديدة .

ولقد ذهبت اكتشافات " ليفنهوك " إلى ما وراء عالم الأحياء الدقيقة ؛ حيث أســـهمت فى إظهار مدى الأهمية الحيوية للكائنات الحية الدقيقة والدور الذى تلعبـــه فـــى حيـــاة الإنسان والبيئة من حوله ، وأيضا فى دراسة الأحياء الكبيرة ومشاهدة تفاصيل هامة لم تكن متاحة عن طريق الفحص بالعين المجردة .

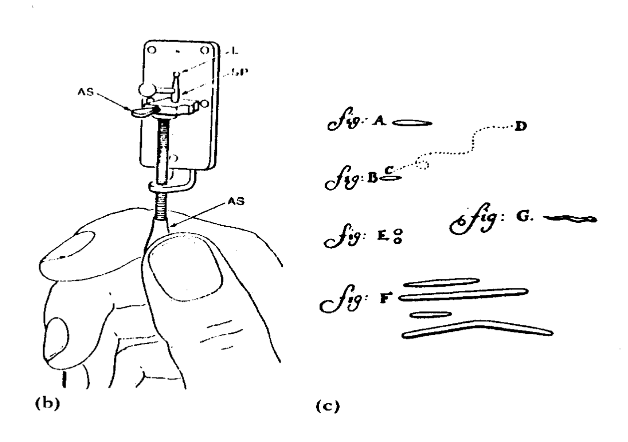
فعلى سبيل المثال ، قدم " ليفنهوك " الدليل العلمى لدعم نظرية " هارفى " للــــدورة الدموية William Harvey`s Theory of Blood Circulation ؛ وذلك عـــن طريـــق اختراعه للمجهر المائى Aquatic Microscope ؛ حيث أتاح ذلك الجـــهاز الفرصـــة للباحثين لفحص تدفق كرات الدم الحمراء خلال الشعيرات الدموية فى الزعنفة الذيليـــة للسمك .



شكل (م – ٣) : تركيب مجهر " ليفنهوك " ؛ حيث تثبت العدســة (a) بين صفيحتين معدنيتين ، بينما توضع العينة المراد فحصها على قمة العمــود المعدنـــى (b) . ويتــم ضبط دقة الفحص عن طريق مفتاح لولبى (d ، c) .

ومن ناحية أخرى ، تمكن " ليفنهوك " عام ١٦٨٢ من فحص ليفات العضلات ، وأيضا فحص خلايا دم السمك فى العام نفسه ، وفى عام ١٧١٧ استطاع فحص الغلاف الدهنى myelin sheath للألياف العصبية . ولاعجب أن تكون مثل هذه الاكتشافات المثيرة نقطة تحول فى عديد من العلوم الحيوية التطبيقية .

ونظرا للمجهودات العلمية القيمة التى قام بها " ليفنهوك " فى مجال الفحص المجهرى ؛ فإنه يعتبر أبا علم الأحياء الدقيقة Microbiology وعلم الدم Hematology وعلم الأنسجة Histology وعلم الحيوانات الأولية Protozoology ، وغيرها من العلوم الأخرى التى لعب فيها الفحص المجهرى دورا فعالا فى الفحص والبحث .



شكل (م – ٤) : كيفية استعمال ميكروسكوب " ليفنهوك " البسيط فى الفحص ، وأيضا يظهر حجم الميكروسكوب بالنسبة إلى أصابع اليد .

(L) : عدسة مكبرة مثبته بين صفيحتين رقيقتين من المعدن .

(P) : عمود معدنى للفحص ، يتحرك عن طريق مسمار لولبى (As) .

يتم الفحص عن طريق حمل الميكروسكوب وتقريبه من العين ، مع وضع مصدر ضوئى فى الجهة المقابلة للعدسة . ويوضح الرسم بعض أشكال البكتيريا التى رسمها العالم الهولاندى " ليفنهوك " ، تشمل أشكالا عصوية وكروية ولولبية .

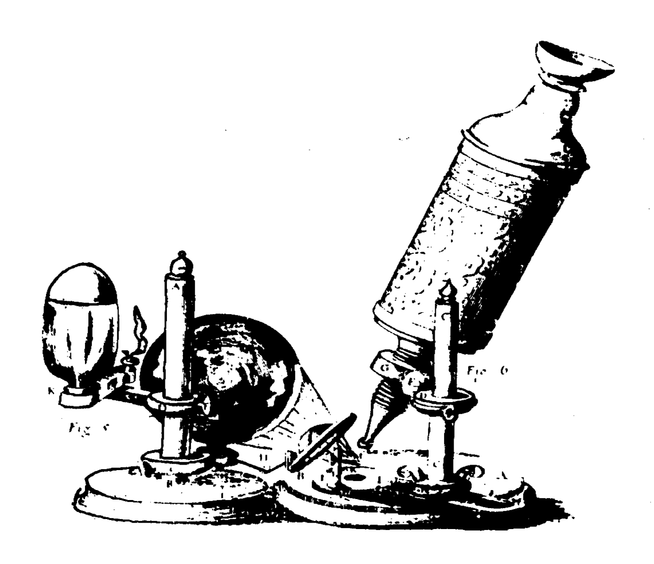
وبعد موت " ليفنهوك " ، قل الاهتمام بدراسة الكائنات الحية الدقيقة لفترة ؛ ويرجع ذلك إلى صعوبة تطوير صناعة المجاهر (الميكروسكوبات) ، ولم يظهر مجهر أفضل مما صنعه " ليفنهوك " . بالاضافة إلى عدم اهتمام علماء الأحياء بهذه الكائنات الحية الدقيقة التى اكتشفها " ليفنهوك " ؛ وذلك لاعتبارها لا تزيد على كونها كائنات شاذة غريبة الأطوار ، ليس لها أهمية واضحة فى حياة الإنسان .

ولقد استمر ذلك التجاهل قائماً حتى ظهر العالم الفرنسى " لويس باستير " L. Pasteur " ، وأوضح بتجاربه العلمية الدور الذى تلعبه الأحياء الدقيقة فى صحة الإنسان وحياته . وترتب على هذه الأهمية تطور صناعة المجاهر ؛ حيث استطاع روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣) - عالمُ الطبيعة الإنجليزى ورئيس الجمعية العلمية الملكية فى ذلك الوقت - تصميم مجهر معقد مكون من ثلاث عدسات (شكل م - ٦) .

ولم يكن اكتشاف ذلك العالم الخفى من الأحياء الحية الدقيقة ذا تأثير فعال على المجالات العلمية فحسب ، بل لقد تعدى ذلك إلى زيادة الجدل حول أصل الحياة ومنشئها ؛ فأضاف زيتاً إلى النار المشتعلة بين علماء هذا العصر ، بإضافة احتمال جديداً عن أصل الحياة على الأرض ؛ مما أثار حفيظة رجال الكنيسة ، وكانت هذه بداية النهاية لتدخل الكنيسة فى النظريات العلمية .



شكل (م - ٥) : رسم تخطيطى للعالم هوك يوضح فيه فطر العفن الأزرق (عام ١٦٦٥) .



شكل (م – ٦) : الميكرسكوب المركب الذى صممه العالم روبرت هوك R. Hooke .

ثالثاً ـ الفطريات .. عالم بلا حدود :

على الرغم من أن دراسة الفطريات لم تبدأ إلا منذ أقل من ثلاثة قرون خلت ، إلا أن الإنسان عرف نشاطها الحيوى منذ فجر التاريخ ، فلقد كانت المجتمعات البشرية القديمة على علم بيّن بالتخمر الحيوى biological fermentation حيث أعتقد المصريون القدماء أن ذلك منحة من الإله الأكبر أوزيريس Osiris للبشرية ، ثم أظهر العلم الحديث – بعد آلاف السنين – دور فطريات الخميرة فى هذه العملية الحيوية الهامة (Alexopoulos et al., 1996) .

ولقد قدس قدماء الرومان آلهة الخمر ديونيسيس Dionysius وباخوس Bacchus ، وأقاموا أعياداً صاخبة احتفالاً بآلهتهم ، أطلقت عليها أسماؤهم **Dionysia** ، **Bacchanalia** ؛ حيث أباحوا خلالها شرب الخمر بالمجان .

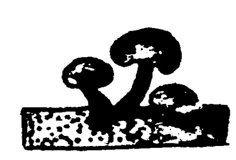
كما عزى قدماء الرومان ظهور ثمار عيش الغراب والكمأة إلى البرق الذى ينطلق فى السماء بقوة الإله جوبيتر Jupiter كبير آلهتهم ، الذى يرسل سهامه المشتعلة إلى الأرض ، فتظهر الثمار عظيمة القيمة الغذائية بفضل بركة هذا الإله .

وكذلك الحال فى العصر الحديث ، فإن أهالى وسط أمريكا – فى المكسيك وجواتيمالا – كانوا يعتقدون حتى القرن السابع عشر فى ارتباط ظهور ثمار عيش غراب الذبابة *(Amanita muscaria)* fly agaric بظهور البرق والرعد ، كما استخدم السكان الأصليون لهذه البلاد فطر عيش الغراب ذا الأقدام الداكنة *Psilocybe cubensis* المؤثر على العقل والإدراك hallucinogenic mushroom خلال طقوسهم الدينية (Wasson, 1980) .

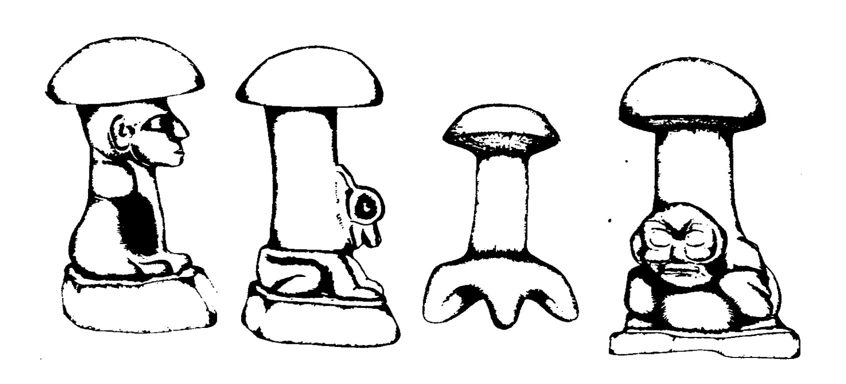
واعتقد أهالى هذه المناطق من العالم الجديد من أمريكا الشمالية فى بعض الظواهر الخارقة للطبيعة والتى تكونها الأجسام الثمرية لبعض فطريات عيش الغراب الرفية ، مثل الفطر *Fomitopsis officinalis* الذى يكوّن أشكالاً تشبه الأشباح ، والتى كان يستعملها الكهنة خلال طقوسهم الوثنية (Blanchette et al., 1992) .

ولقد استعملت بعض ثمار عيش الغراب الرفية فى العلاج منذ العصر الحجرى ، حيث اكتشف فى رواسب الثلج المنصهر بجبال الألب قطع من ثمار فطر عيش غراب رقّى ثُقبى يعتقد أنه الفطر *Piptoporus betulinus* فى جراب جلدى لأحد صيادى هذا الزمن السحيق (Rensberger, 1992) .

وشاهد الإنسان البدائى بعض ثمار عيش الغراب المضيئة – فيما يسمى الاستضاءة الحيوية Bioluminescence – تشع بنورها فى ظلام الغابة الحالك ، حيث أطلق عليها أسماء دارجة ، مثل نار الثعلب **fox fire** ، وأشباح الغابة **ghosts of the forest** . كما أن هناك أنواعاً من عيش الغراب تعرف باسم الوجه المضئ **Jack-O-Lantern Mushroom** ؛ وهو الفطر *Clitocybe illudens* ؛ حيث ينبعث ضوء خافت من خياشيمه خلال الظلام (Glawe & Solberg, 1989) .

شكل (م – ٧) : رسم من القرن السادس عشر مأخوذ من على جدار أحد معابد هنود المكسيك ، يمثل رجلا جالسا على الأرض يتناول قطعا من ثمار عيش الغراب ذى الأقـــدام الداكنة ، ويتخيل خلفه روح ثمرة عيش الغراب تلمس رأسه وتمنحه البركة .



شكل (م – ٨) : بعض التماثيل الحجرية بشكل ثمار عيش الغراب ، والتـــى عـــثر عليـــها فـــى جواتيمالا بأمريكا الوسطى ، حيث كانت تستخدم خلال طقوس تقديس ثمار عيش الغراب التى كان يقوم بها هنود المكسيك .

وفى حالات أخرى ، كان هذا الضوء ينبعث من الخشب الذى تتخلله هيفـات مثـل هذه الفطريات المضيئة ؛ حيث يتوهج ذلك الخشب فى الظلام . ولقد استعملت بعـض الشعوب القديمة هذا الخشب المضئ لإنارة الطرق ، كما اسـتعمل الجنـود – خـلال الحرب العالمية الأولى – أجزاء من هذا الخشب المضئ لتزيين خوزاتهم وحرابهم حتى يعرف بعضهم بعضا خلال القتال الليلى .

وعلى الرغم مما سبق ، فإن قليلين من هم على بينة بالكيفية التى ترتبط بها حياتنـا ارتباطا وثيقا بالفطريات ونشاطها ، حتى يمكن القول إنه قلما يمر بنا يوم من الأيام دون أن تنالنا منفعة أو يصيبنا ضرر من تلك الكائنات الحية الدقيقة ، سواء بطريقة مبـاشرة أم غير مباشرة .

وإذا كان عمرك دون الخمسين عاماً ، فإنـه ربما يكون من الصعوبـة بمكـان أن تدرك كم أمكن إنقـاذ حياة الكثيرين بواسطـة المضاد الحيـوى بنسـلين Penicillin ، حيث لم يكـن هذا المضاد الحيـوى متوفرا قبـل بدايـة الحـرب العالمية الثانيـة ، إلا أن إنتاجه بوفـرة خلالها أنقـذ حياة الاف الجرحى ، أو على الأقل أنقذ أطرافـهم من البتر .

وتنمو مستعمـرات الفطريـات فى الطبيعة مكـونة نموات ميسليومية لا حـدود لها ، قد تصل فى نموها إلى أرقـام يصعب تخيلها ، فلقد وجـدت مسـتعمرة للفطـر *Armillaria bulbosa* تغطى مساحة قدرها ٣٠ فدانا فى غابـة متشجـان Michigan بالولايات المتحدة، حيث قدر وزن الثالوس الفطرى بنحو عشرة أطنـان ، ويعتقـد أن عمر هذه المستعمرة أكثر من ١٥٠٠ عام . وربما يكون من الصعب مقارنـة الفطـر السابق بالأحياء العملاقة المعاصرة كالحيتان والأشجـار ، والتـى يتضـاءل حجمـها بالمقارنة بمستعمرة الفطر السابقة (Smith et al., 1992) .

وتكوّن عديدٌ من الفطريات الهيفية والخمائر مستعمرات متداخلـة علـى سـطوح الأوراق يطلق عليها اسم فطريات سـطوح الأوراق (الفيللوسـفير phyllosphere) . وتلعب هذه الفطريات دورا هاما فى تضاد المسببات المرضية ، والإسراع من شيخوخة أوراق النبـاتات (أبحـاث للمؤلـف Ahmed, 1983 و Ahmed & Saleh, 1987 و Ahmed 1988 a,b) .

كما تلعب الفطريات دورا هاما فى النطاق البيئى Ecosphere من حولنـا ، حيـث

تعتبر العامل الحيوى الحاسم فى تحليل المواد العضوية وإعادتها إلى مكوناتها الأولية ، وهذا يحافظ على التوازن الطبيعى ، ويوفر المواد الأولية التى تستعمل فى تكوين مواد عضوية جديدة تدخل فى تركيب أحياء أخرى داخل نظامنا الحيوى .

فعلى سبيل المثال ، تعتبر الفطريات العامل الأساسى فى تحليل السليلوز واللجنين فى بيئة الغابات ، وكذلك تحليل مخلفات الحيوانات العشبية ، حيث تتحكم هذه العملية فى إنتاج الكتلة الحيوية biomass production عن طريق تحلل الخشب وانسياب المواد الغذائية إلى النظام البيئى الذى يصاحب موت الأشجار (شكل م – ٩) .

وعلاوة على ما سبق ، فإن الفطريات مسئولة عن تحلل أنواع عديدة من المنتجات الخشبية ، مثل ألواح الأخشاب والمنتجات الخشبية والأخشاب المستعملة فى صناعة فلنكات السكك الحديدية وأعمدة التليفونات وغيرها .

وعلى الرغم من معاملة مثل هذه المنتجات الخشبية بمواد كيميائية تحفظها من الرطوبة ، أو بمواد تحميها من نمو الفطريات عليها ، إلا أن ذلك لا يمنع أن تكون هذه المنتجات الخشبية عرضة لهجوم فطريات العفن التى تحللها .

ويعتبر الفطر *Serpula lacrimans* من أكثر الفطريات المحلله للخشب انتشارا وخطورة ، وهو يسبب ما يعرف بالعفن الجاف dry rot . ولقد سبب هذا الفطر أضرارا بالغة فى سفن الحرب الخشبية خلال القرن الماضى ، ومازال يسبب أضرارا لوحدات البناء الخشبية والأرضيات وغيرها من المنشآت المصنوعة من الخشب ؛ حيث يمكن مقارنة الخسائر الناتجة عنه بتلك الناتجة عن النمل الأبيض (الأرضة Termite) بالولايات المتحدة (Findley, 1982) .

وتستطيع الفطريات مهاجمة عديد من المنتجات التى نستعملها فى حياتنا اليومية ؛ مثل : المواد الغذائية ، والمنتجات الجلدية ، والأقمشة ، ومواد التلوين والصباغة ، والمنتجات البترولية المختلفة كالوقود والزيوت ، وغيرها من المواد العضوية التى لا حصر لها .

ولا يقف ضرر الفطريات على تحليل المواد السابقة وعلى عفن الأغذية ، بل يتعدى ذلك إلى إنتاج بعض السموم الفطرية mycotoxins مسببة تسمما للإنسان أو الحيوان الذى يتغذى عليها . ومن أمثلة هذه السموم ، توكسينات ochratoxins التى تنتج عن

الفطريات *Aspergillus ochraceus* عند نموها على حبوب الغلال ، وتوكسين Aflatoxin الذى ينتجه الفطر *A. flavus* و *A. parasiticus* عند نموهما على ثمار الفول السودانى والبكان وحبوب الذرة والشوفان ، وتوكسينات fumonisins التى ينتجها الفطر *Fusarium moniliforme* على الذرة .

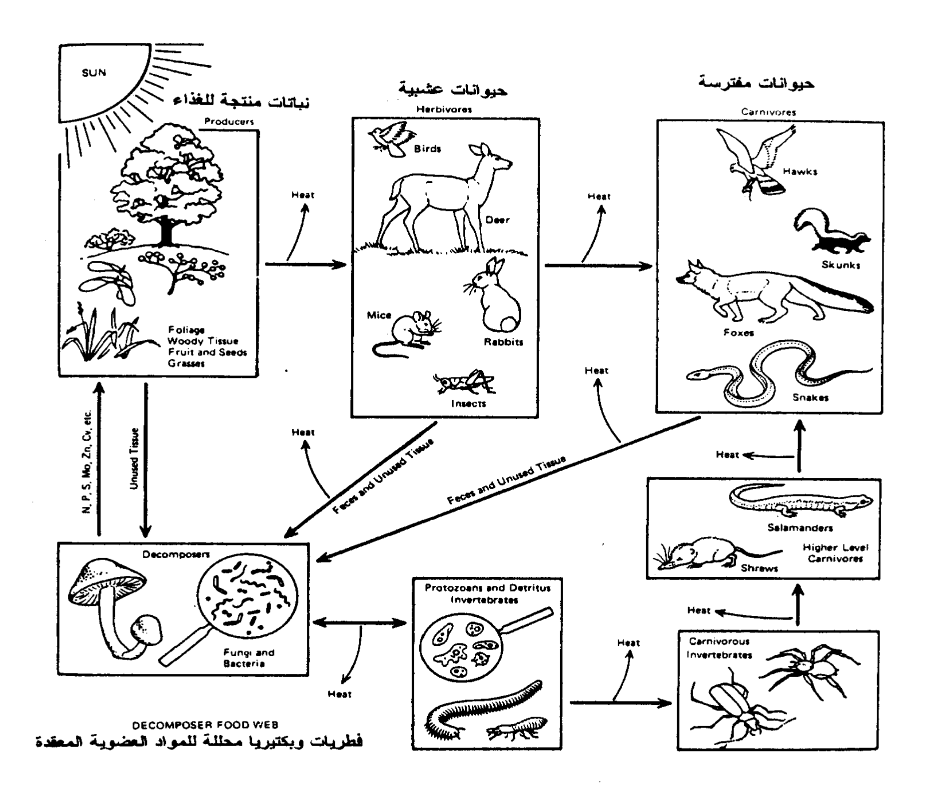
ولقد سببت مثل هذه التوكسينات مشاكل صحية لا حصر لها فى عديد من دول العالم ، مثل بلغاريا ورومانيا ويوغسلافيا ، ووجد أن بعض التوكسينات الفطرية – مثل الأفلاتوكسين – ذات تأثيرات مسرطنة carcinogenic compounds ، ويسبب بعضها سرطان الكبد فى الإنسان (Ames et al., 1987) .

كما يؤدى تغذية الحيوانات على علف ملوث بالفطريات المفرزه للتوكسينات إلى إصابتها بأمراض خطيرة ، مثال ذلك إصابة الخيول بالأمراض العصبية القاتلة ، والخنازير بأمراض الجهاز التنفسى ؛ وذلك نتيجة تلوث حبوب الذرة بفطر *Fusarium moniliforme* .

وهناك أنواع أخرى من الجنس *Fusarium* منتجة لتوكسينات أخرى قاتلة ، يقال إنها استخدمت كأسلحة حيوية فى فيتنام وأفغانستان . وهناك توكسينات أخرى تنتج عن فطر الأرجوت *Claviceps purpurea* الذى يهاجم عديدا من النباتات النجيلية كالشوفان، وينتج عن إصابتها تكوين أجسام حجرية sclerotia فى السنبلة .

وتحتوى الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت Ergot على عديد من الألكالويدات السامة toxic alkaloides تسبب تقلصات عصبية بسبب تأثيرها على الجهاز العصبى المركزى . وتعتبر هذه الألكالويدات سامة للحيوانات الآكلة العشب التى تتغذى عليها، وهى كذلك سامة للإنسان إذا تغذى على دقيق الشوفان الملوث بهذه الأجسام الحجرية الصغيرة.

ولقد عانت البشرية – فى الماضى – من اثار التسمم بهذا الفطر ؛ حيث أطلق عليه اسم التسمم الإرجوتى Ergotism ، والذى كانت تظهر أعراضه على صورة آلام مبرحة راجعة إلى اضطراب الدورة الدموية . ولقد أطلق على هذه الأعراض اسم حمى القديس أنتونى St. Anthony's Fire أو الحمى المهلكة Holy Fire .



شكل (م – ٩) : رسم مبسط يوضح شبكة العلاقات الغذائيـــة المعقدة فى الطبيعة والتى تشـــارك فيها الفطريات فى تحليل المـــواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة ، تســـتفيد منها عديد من الكائنات الحية الأخرى .

ومع التقدم العلمى ، أمكن التعرف على خطورة هذه الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت ، واستبعادها من حبوب الشوفان المستعملة فى غذاء الإنسان أو علف الحيوانات . وأيضا أمكن الاستفادة من هذه المواد الألكالويدية فى وقف النزيف أثناء الولادة ، وعلاج الصداع النصفى . وحاليا يتم إنتاج الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت بكميات كبيرة لإنتاج عديد من الأدوية بصورة تجارية .

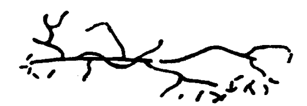
ومن ناحية أخرى تسبب بعض الفطريات أمراضا للإنسان ؛ حيث إن بعضها يصيب الجلد مسببا أمراض التينيا Tinea ؛ مثل : فطريات *Microsporus* ، و *Trichophyton* ، و *Epidermophyton floccosum* ، بينما تهاجم بعض الفطريات الطبقة التحت سطحية من الجلد ؛ مثل : *Basidiobolus* ، و *Candidiobolus* .

وهناك فطريات أخرى تصيب الرئة ؛ مثال ذلك الفطر *Aspergillus fumigatus* و *Nocardia asteroides* ، كما تسبب أنواع من الفطريات بعض أمراض الحساسية للجهاز التنفسى نتيجة وجود جراثيمها فى الهواء ، مثال ذلك جراثيم فطر عيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* . وهذه الحساسية قد يصاب بها بعض الأفراد دون الأخرى ، وهى تشبه حساسية البعض من وجود حبوب اللقاح فى الجو خلال فصل الربيع .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن بعض الفطريات يصيب الجهاز العصبى المركزى للإنسان ؛ مثل : الفطر *Nocardia brasiliensis* ، وفطريات أخرى تهاجم العين والأذن الداخلية مثل الفطر *Aspergillus fumigatus* ، وفطريات تهاجم الدم مثل الفطر *Histoplasma capsulatum* ، بينما يهاجم الفطر *Candida albicans* الأغشية المخاطية .

وتعتبر الفطريات من أهم الكائنات الحية الدقيقة المنتجة للمواد المفيدة طبيا للإنسان ، وعلى رأس هذه المواد المضادات الحيوية . فعلى سبيل المثال ينتج البنسلين من فطر *Penicillium chrysogenum* والذى اكتشفه عالم الأحياء الدقيقة ألكسندر فلمنج A. Fleming عام ١٩٢٨ . ولقد اهتم كثير من الباحثين بتطوير إنتاج هذا العقار العجيب مع بداية عام ١٩٤٠ ، وخاصة فى قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية .

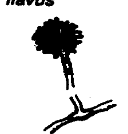
Nocardia



Streptomyces



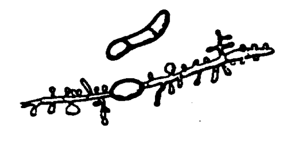
Aspergillus flavus



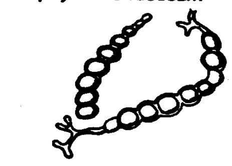
Microsporum ferrugineum



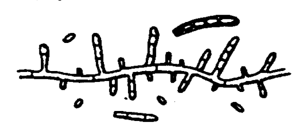
Trichophyton tonsurans



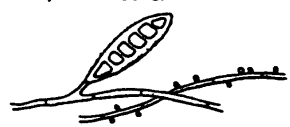
Trichophyton verrucosum



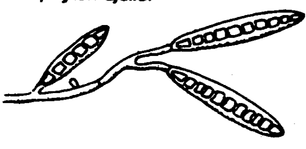
Trichophyton terrestre



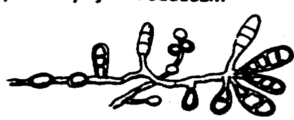
Microsporum cookei



Trichophyton ajelloi



Epidermophyton floccosum



شكل (م – ١٠) : بعض الفطريات الممرضة للإنسان .

وهناك مضادات حيوية أخرى تنتجها الفطريات ؛ مثل المضاد الحيوى Cephalosporins المنتج بواسطة الفطر *Cephalosporium acremonium* . ويعمل هذا المضاد الحيوى على قتل البكتيريا – شأنه فى ذلك شأن البنسلين – وذلك من خلال تثبيط الإنزيمات الخاصة بتكوين جدارها الخلوى .

وعلاوة على ما سبق ، فلقد اكتشف فى السنوات الأخيرة أحد المركبات الكيميائية الهامة التى تنتجها الفطريات ؛ وهو مركب السيكلوسبورين Cyclosporin ، حيث يباع تجاريا تحت اسم **Sandimman** و **Sandimmune** ، ويعمل هذا المركب على خفض مناعة الجسم لنقل الأعضاء Immunosuppressant agent . ويفرز هذا المركب من الفطر *Cylindrocarpon lucidum* والفطر *Tolypocladium inflatum* ؛ وهما من فطريات التربة (Borel, 1982) .

ومازلت هناك مواد طبية هامة تفرزها الفطريات لم يتم الكشف عنها بعد ؛ ففى دراسة حديثة وجد أن بعض الفطريات قادرة على إنتاج التاكسول Taxol ، وهو عقار طبى يتم الحصول عليه حاليا بكميات قليلة للغاية من لحاء شجرة الطقوس Yew tree – وهى شجرة دائمة الخضرة تتبع الفصيلة الصنوبرية – حيث يستخدم هذا العقار فى علاج مرض سرطان المبيض ovariam cancer (Alexopoulos et al., 1996) .

ولقد استعملت عديد من الفطريات فى العلاج منذ الحضارات البشرية القديمة ، حيث أطلق على ذلك اسم " طب الأعشاب herbal medicine " . فعلى سبيل المثال استخدمت الأجسام الثمرية لبعض الفطريات الرفية bracket fungi فى التداوى فى المجتمعات البشرية البائدة ، ومازال بعضها يستخدم حتى الآن ، بل ويزرع تجاريا؛ مثال ذلك فطر عيش الغراب الرفى *Ganoderma lucidum* .

كما استخدمت جراثيم الكرات النافخة puffballs كمادة موقفة للنزيف فى أوروبا ، وربما كان ذلك هو سبب احتفاظ قدماء الرومان بكميات منها ؛ حيث وجدت هذه الجراثيم داخل قوارير صغيرة محفوظة فى فجوات على طول السور الذى بناه القيصر الرومانى هارديان (138 - 117) Hardian لتأمين حدود مملكته . ولقد سمى هذا السور باسم القيصر الرومانى (سور هارديان Hardian s wall) .

وفى أمريكا الشمالية ، استخدمت الكتل الميسليومية للفطر *Fomitopsis officinalis* الموجودة على الخشب المتعفن بواسطة الحطابين لوقف النزيف الناتج عن جروح بلط تقطيع الكتل الخشبية (Gilbertson, 1980) .

ومن ناحية أخرى كانت بعض الفطريات مصدرا هاما لغذاء الإنسان على مدى التاريخ ، مثال ذلك فطريات عيش الغراب mushrooms التى كانت تجمع بريا ، ثم بدأت زراعتها فى الصين منذ القرن السادس الميلادى ، بينما لم تبدأ زراعتها فى أوربا إلا عام ١٦٥٠ ؛ حيث زرع لأول مرة فى فرنسا ، ثم انتشرت زراعته بعد ذلك فى دول أوروبا حتى وصلت إلى الولايات المتحدة عن طريق انجلترا وذلك عام ١٨٧٠ .

ومنذ ذلك الحين ، تطورت زراعة عيش الغراب فى جميع أنحاء العالم ، ووصل الإنتاج التجارى له إلى أكثر من ٤ مليون طن مترى سنويا . وهناك العديد من أنواع عيش الغراب التى تزرع عالميا ، مثل : عيش الغراب العادى *Agaricus bisporus* ، وعيش غراب المروج *A. brunnescens* ، وعيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* ، وعيش غراب الشيتاكى *Lentinus edodus* ، وعيش غراب القش *Volvariella volvaceae* وعيش غراب الشتاء (الاينوكيتاكى) *Flammulina velutipes* .

ولقد بدأت زراعة عيش الغراب فى مصر بصورة تجارية منذ منتصف الثمانينات من هذا القرن ، وتزرع حاليا أنواع عديدة من عيش الغراب ؛ مثل عيش الغراب العادى والمحارى . ولمزيد من المعلومات يمكن الرجوع إلى موسوعة عيش الغراب العلمية (للمؤلف) - الدار العربية للنشر والتوزيع ١٩٩٥ ، وعيش الغراب وعالمه الساحر (للمؤلف) - دار المعارف ١٩٩٧ .

كما ذكرت الاستخدامات الطبية لبعض أنواع عيش الغراب المأكولة ، بداية من قدرتها على منع تكوين الأورام antitumor effect إلى خفض نسبة الكوليسترول فى الدم hypocholestrolemic effect . كما ذكر أن بعض أنواع عيش الغراب مثيرة للشهوة الجنسية aphrodisiacs ، ويعتقد أنها مفيدة للمتقدمين فى العمر (أبحاث Findlay, 1982 ; Claydon, 1984 ; Flynn, 1991) .

ومن فطريات عيش الغراب الأخرى الغالية الثمن فطريات المورشيلا Morels والكمأة Truffles ؛ حيث تتعايش هذه الأنواع من الفطريات مع جذور بعض الأشجار فى عيشة تبادل المنفعة ، يطلق عليها اسم الجذور الفطرية الخارجية Ectomycorrhizae . وفى الوقت الذى تظهر فيه ثمار المورشيلا فوق سطح الأرض epigeal ، تتكون ثمار الكمأة تحت الأرض hypogenal .

وتجمع ثمار الكمأة باستعمال كلاب أو خنازير مدربة ، وتباع الكمأة الأوروبية فـــى أسواق العالم بمئات الدولارات للرطل الواحد ، ويصل سعر المورشيلا إلى هذا الرقـــم تقريبا . ويعتبر جمـــع مثل هذه الفطـــريات البـــرية مـــن أمـــاكن تواجدهـــا مـــن الهوايات الشعبية المحببة التى يقبل عليها الأوربيون فى أوقـــات فراغـــهم وعطـــلات نهاية الأسبوع .

إلا أن هناك أنواعا أخرى من عيش الغراب البرى تكون غير مأكوله يطلق عليـــها اسم toadstools ، وبعضها ضار بصحة اكليه ، وقد يكون ســـاما ومـــهددا لحـــياة ضحاياه . كما أن بعض ثمار عيش الغراب البرية ذات تأثيرات على العقـــل والإدراك hallucinogenic mushrooms ؛ حيث يقوم الـــهواة بجمعـــها واســـتخدامها أو بيعـــها للآخرين .

وتنتشر فى أوروبا والولايات المتحدة عديد من نوادى هواة جمع ثمار عيش الغراب البرية المحلية Local Amateur Mycology Clubs ؛ حيث تعمل على تعليم أعضائها كيفية التمييز بين الأنواع المأكولة والضارة من فطريات عيش الغراب ، كمـــا تصـــدر بعض هذه الجمعيات صحف أو مجـــلات دوريـــة لنقل خبرة أعضائها إلى العامـــة ، مثال ذلك صحيفة **MacIlvania** التى تصدرها الجمعيـــة الفطرية لأمـــريكا الشماليـــة The North American Mycological Association .

وهناك أنواع أخرى من الفطريات المأكولة التى لا تنتمـــى إلـــى فطريـــات عيـــش الغراب، مثال ذلك الثمار ذات الألوان الزاهية التابعة للجنس *Cyttaria* . ويتطفل هـــذا الفطر على أشجار الزان من الجنس *Nothofagus* منتجا عددا كبـــيرا مـــن الأجســـام الثمرية ذات الألوان البرتقالية والصفراء وبحجم كرات الجولف على الأفـــرع الحيـــة للعائل النباتى .

وتتميز هذه الثمار بمذاقها الحلو ، وهى من ثمار العالم الجديد ، حيث اكتشفت فـــى أمريكا الجنوبية ، وكان يستعملها هنود الأنديز Andes كطعام تقليدى خاصة فى شيلى ، كما استخدمها البحارة – حينذاك – فى غذائهم ، حيث كانت تجمع وتخزن ضمن مؤنة السفر وذلك بداية من عام ١٧٦٥ .

ولقد اهتم علماء الأحياء فى ذلك الوقت بهذه الثمار العجيبة ، وعلى رأســـهم عـــالم النبات الإيطالى بيرتيرو Garlo Giuseppe Bertero الذى استقر فى شيلى حتى فقـــد عام ١٨٣١ بعد غرق السفينة التى كان يستقلها إلى تاهيتى . وكان بيرتـــيرو أول مـــن

لاحظ أن هذه الثمار ليست نباتاً ، ولكنها كانت لأحد الفطريات الممرضة التى تتطفــــل على هذه الأشجار.

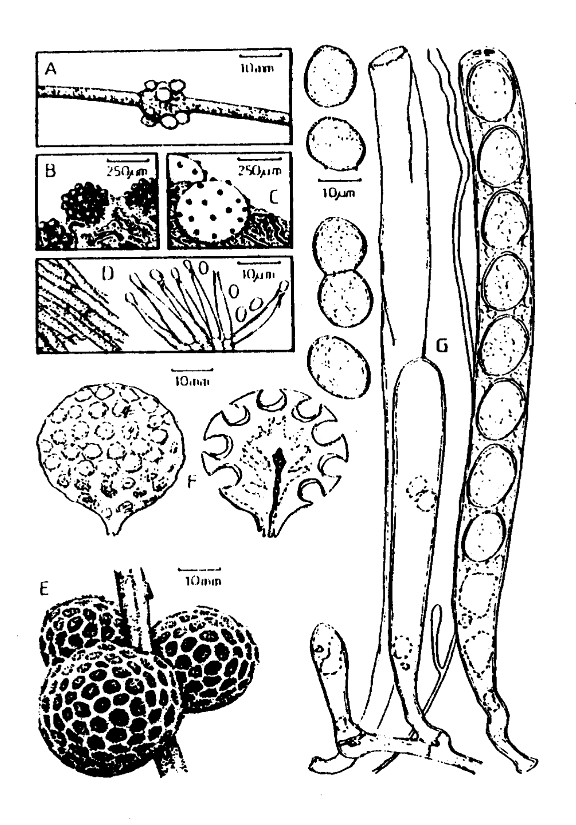
واعتقد بيرتيرو – فى بادئ الأمر – أن هذه الثمار عبارة عن تدرنات ناتجـــة عـــن الجروح التى تحدثها الحشرات كما هو مألوف فى بعض الأشجار فى أوروبـــا ، لكنـــه اكتشف سرعة انفصال هذه الكرات الثمرية عن فروع العائل النبـــاتى ، كمـــا أن جلـــد الثمرة كان يتشقق ويغطى بأنابيب تفرز مادة لزجة لبنية القوام ، تجف بعد فترة وتظهر جراثيم مسحوقية تقذف بقوة .

وبعد هذه الدراسة التى قام بها بيرتيرو ، جمع عالم الأحياء الشهير دارون Darwin بعضاً من هذه الثمار ، وأرسلها إلـــى عـــالم الفطريـــات المعـــروف بـــيركلى Miles Berkeley ؛ الذى وصفها عام ١٨٤١ وأعطى لها اسم الجنـــس *Cyttaria* ووصفـــها ضمن الفطريات الأسكية . ومازالت هذه العينات التاريخيـــة محفوظـــة فـــى متحـــف الأعشاب النباتية التابع للحدائق النباتية الملكية Royal Botanic Gardens بمدينة Kew بإنجلترا .

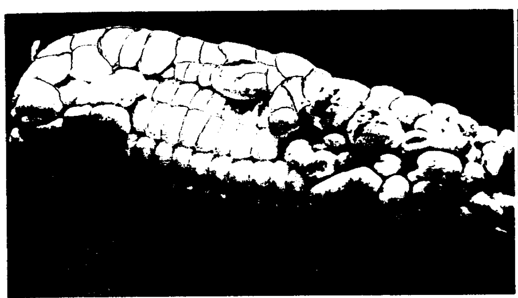
ويبلغ عدد الأنواع المعروفة التابعة للجنس *Cyttaria* حوالى ١٢ نوعاً ، تم وصفها وتحديد عوائلها النباتية ، كما درست دراسة تشريحية . وتوجد معظم هذه الأنواع فـــى معهد الفطريات الدولى International Mycological Institute فـــى مدينـــة Kew بإنجلترا.

ومن الفطريات الأخرى المأكولة – والتى يرجع تاريخها إلى الحضارات الإنســـانية القديمة – فطر *Ustilago maydis* المسبب لمرض التفحم العادى فى الذرة الشاميـــة ، حيث اعتاد هنود الأزتيكس Aztecs فى وسط أمريكا التغذية على كيزان الذرة المصابة بالتفحم ، وكانوا يطلقون عليها اسم **Cuitlacoche** أو **Huitlacoche** ؛ بمعنى عيـــش غراب الذرة الشامية (Kealey & Kosikowski., 1981) .

ومازال أهالى المكسيك يقبلون على هذا الغذاء الشعبى ، ويعتبرونه مـــن الأطعمـــة المحببة لهم حتى اليوم ، ولقد لفت هذا الغذاء – المُكوَّن من كيزان الـــذرة المتفحمـــة – أنظار جيرانهم من الشعوب الأخرى، خاصة فى الولايات المتحدة . وحاليا تبـــاع هـــذه الكيـــزان ذات الثآليل التفحمية سواء طازجة أم معلبة ، حيـــث يطلـــق عليـــها الاســـم التجارى الكمـــأة المكســـيكية Mexican truffles أو عيـــش غـــراب الـــذرة Maize Mushroom ، على الـــرغم مـــن أن فطـــر التفحـــم لا يتبـــع فطريات عيش الغراب (Pope & Mc Carter., 1992) .



شكل (م – ١١) : الفطر *Cyttaria* sp. يوضح الشكل مراحل مختلفة لنمو الأجسام الثمرية، والطور الكونيدى (D).
(E-G) الفطر *Cyttaria espinosae* يوضح مراحل مختلفة من الحشية الثمرية الأسكية ascomatal stage .
(عن Minter et al., 1987)





شكل (م - ١٢) : كوز ذرة شامية مصاب بمرض التفحم العادى المتسبب عن الفطر *Ustilago maydis* ؛ حيث تظهر الثآليل التفحمية عليه ، بينما يوضح الشكل على اليمين معلب لهذه الكيزان يباع تجاريًا تحت اسم **Cuitlacoche** بمعنى عيش غراب الذرة Maize Mushroom .

وتباع هذه الكيزان المتفحمة بحوالى عشرين دولارا للكيلو جرام ، نظرا لطعمها الممتاز وقيمتها الغذائية العالية ؛ مما دفع الكثير من مزارعى الذرة الشامية فى الولايات المتحدة إلى عدوى نباتاتهم بجراثيم الفطر الكلاميدية ؛ لزيادة محصولهم من الكيزان المتفحمة التى تعتبر المحصول الأكثر ربحاً بالمقارنة بمحصول الكيزان السليمة .

ولقد درس عديد من الباحثين القيمة الطبية لهذا الفطر ، حيث وجد أنه يحتوى على ستة عشر نوعاً من الأحماض الأمينية الحرة ، مثل حمض الجلوتاميك L-glutamic acid والليسين L-lysine والألانين L-alanine والارجنين L-arginine والمثيونين L-methionine والثريونين L-threonine والهستيدين L-histidine .

وتؤدى التغذية المنتظمة على هذه الكيزان المتفحمة إلى تجنب الإصابة بالتهاب الجهاز الهضمى والإمساك وسوء التغذية الناتج عن سوء عملية الهضم . كما يثبط الفطر نمو الخلايا السرطانية Sarcoma 180 (Gregory et al., 1966) .

وهناك مشروبات شعبية محلية أخرى ذات فوائد طبية عالية مازالت تستخدمها بعض شعوب الحضارات القديمة ، يدخل فى تركيبها الفطريات ؛ مثال ذلك شراب الشاى الذى تنمو عليه بعض الفطريات والبكتيريا والذى يعرف فى اليابان باسم هونجو **Hongo** أو كامبوتشا **Kambucha** ، كما يعرف خارج اليابان باسم عيش الغراب اليابانى Japanese mushroom أو عيش غراب الشاى The Tea-Mushroom .

وفى دراسة قام بها الباحثان Kappel & Anken (1993) ، تم شرح كيفية تجهيز هذا المشروب ؛ وذلك بأخذ جزء من النمو الميكروبى ووضعه فى وعاء يحتوى على شاى محلى بالسكر ، ويترك الشاى لعدة أيام ، يلاحظ بعدها نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة فى شكل غشاء رقيق يطفو على السطح .

ويؤدى نمو هذه الأحياء الدقيقة فى الشاى على تغير لونه ورائحته ونكهته ؛ حيث يميل الطعم إلى الحموضة ، ويصبح مشروبا مجددا للحيوية ومنشطا . ولقد وجد أن هناك أنواعا من الخمائر والبكتيريا تنمو متعايشة ، ومكونة لذلك الغشاء الرقيق الذى يطفو على سطح الشاى .

ولقد ذكر الباحثان List & Hufschmidt (1959) بعضا من هذه الكائنات الحية الدقيقة التى تشارك فى نموها لتجهيز هذا المشروب ، وهى بكتيريا تتبع الجنس *Bacterium* ؛ مثال ذلك : *B. xylinum* ، و *B. xylinoides* ، و *B. gluconicum* ، و *B. ketogenum* بالإضافة إلى بعض الخمائر ؛ مثل : *Pichia fermentans*، و *Saccharomyces ludwigii*، و *Schizosaccharomyces pombe* .

ولقد أوضح التحليل الكيميائى لعينات من شراب عيش غراب الشاى (الهونجو) من مصادر مختلفة ، وجود اختلافات بسيطة بينها وبين بعضها ، ولكنها كلها تتميز باحتوائها على حوالى ١٪ خلات كحول الايثايل ethyl acetate ، وحوالى ٣٪ حمض خليك acetic acid ، بالإضافة إلى نسب مختلفة من اللاكتات lactate والطرطرات tartrate وغيرها من الأحماض العضوية المختلفة .

كما وجد فى هذا الشراب بعض السكريات مثل الفركتوز والسكروز ، وأحماض أمينية مختلفة ، بالإضافة إلى ايثيل أمين ethylamine وكولين choline وأدينين adenine وثانى أكسيد الكربون .

وعند فحص طبيعة نمو هذه الكائنات الحية الدقيقة على سطح شراب عيش غـــراب الشاى ، وجد أنها تنمو فى شكل غشائى شفاف ، يميل لونه إلى البنى ، حيث يعمل نمو العشائر البكتيرية إلى تكوين ذلك المظهر الغشائى ، بينما تنمو تجمعات خلايا الخمـــيرة منغمدة فى هذه الأغشية البكتيرية .

ومن ناحية أخرى ، هناك بعض الفطريات الأخرى التى تستخدم فى إنتـــاج أنـــواع مختلفة من الأطعمة ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للجنـــس *Penicillium* ، التـــى تستعمل فى إنضاج بعض أنواع الجبن وإضفاء النكهة الفاخرة عليها .

ومن هذه الفطريات ، فطر *P. roqueforti* المستعمل فى صناعة الجبن الروكفورت **Requefort Cheese** بأنواعه المختلفة ، والفطر *P. camemberti* المســـتعمل فـــى صناعة الجبن الكممبرت **Camembert** ، والفطر *P. caseicolum* المســـتخدم فـــى صناعة الجبن البيرى **Brie** .

كما تستخدم بعض الفطريات فى صناعة أنواع مختلفة مـــن الســـجق (النقـــانق) Sausages ، وفى إنتاج صلصة فول الصويا Soy Sauce من فول الصويا والقمـــح . وهناك بعض الفطريات التى تستخدم فى زيادة قابليـــة بعـــض منتجـــات الخضـــروات للهضم؛ مثل فطريات *Rhizopus* ، و *Mucor* ، و *Actinomucor* ، كمـــا تستخـــدم هذه الفطريات فى معاملـــة الأرز والقمح وفـــول الصويا ، وإعطاء المنتـــج النـــهائى نكهة اللحم (Lockwood, 1975) .

وفى دول شرق أسيا يستخدم الأهالي بعض الفطريات فى تجهيز أنواع من الأطعمة المتخمرة ؛ مثال ذلك الميسو **Miso** الذى يصنع من الأرز فى اليابان، والسوفو **Sufu** ، والتيمب **Tempeh** الذى يجهز من فول الصويا فى كل من أندونسيا والصيـــن . ولقـــد أصبح السوفو والتيمب من الأطعمة النباتية الشهية التى تؤكل فى الولايات المتحدة .

ويستخدم حاليا فى انجلترا الفطر *Fusarium graminearum* لإنتاج بروتين فطرى Mycoprotein ذى جودة عالية ، حيث يضاف إليه طعم اللحم ، وتصنع منه أطعمـــة مفيدة وشهية ، خالية من اللحم ورخيصة الثمن (Trinci, 1992) .

وتعتبر الخمائر من الفطريات الهامة التى يستخدمها الإنسان – منذ فجر التـــاريخ – فى صناعة الخبز والبيرة ، حيث تستطيع هذه الفطريات إنتاج كميات هائلة من البروتين عند إنمائها على بعض المخلفات الناتجة من الصناعات الغذائية .

إلا أن البروتين الناتج من الخميرة لا يستخدم مباشرة فى تغذية الإنسـان ، وذلك بسبب ارتفاع نسبة الأحماض النووية nucleic acids فيه ، والتى تسبب مشاكل صحية عند تغذية الإنسان مباشرة عليها . كما أن بروتين الخميرة قليل المحتوى من بعض الأحماض الأمينية الأساسية .

ويعتمد فى صناعة الخبز والبيرة على أنواع من الخميرة – مثل *Saccharomyces cerevisiae* – تقوم بتحويل سكر الجلوكوز إلى كحول إيثيلى (إيثانول) وثانى أكسيد الكربون . وفى صناعة الخبز ، تقوم الفقاعات الصغيرة من غاز ثانى أكسيد الكربون – التى تنتج خلال التخمر – برفع الخبز وجعل قوامه إسفنجيا ، بينما يعتبر إنتاج كحول الإيثانول هو المنتج النهائى فى صناعة البيرة .

وفى الحقيقة ، يمكن استعمال أية مادة نباتية تحتوى على سكر أو نشا فى إنتاج الكحول بواسطة الفطريات . فعلى سبيل المثال تصنع الخمور من مختلف الثمار – خاصة العنب – حيث تستعمل أصنافه المختلفة فى صناعة شتى أنواع الخمور . وعند صناعة بعض أنواع الخمور ذات الطعم الحلو dessert wines ، يترك العنب فى البستان حتى يصاب بالفطر *Botrytis cinerea* ؛ الذى يعمل على إعطاء العنب ذلك المذاق السكرى .

ولقد اهتم الإنسان بإنتاج المشروبات الكحولية منذ الحضارات القديمة حتى اليوم ، ففى أمريكا الوسطى أنتج هنود المكسيك شراب الليكيولا **Lequila** من نبات الشينتورى century plant ، وهو نبات مكسيكى من جنس النرجسيات ، وأنتج الروس شراب الفودكا **Vodka** من القمح ، ويصنع حاليا باستعمال نباتات أخرى كالشوفان والبطاطس والذرة .

وفى اليابان يصنع شراب الساك **Sake** من الأرز ، وتصنع البيرة فى أوروبا من الشعير ، وشراب البربون **Bourbon** من الذرة ، وشراب الميد **Mead** من العسل ، بينما تنتج مشروبات كحولية أخرى فى شتى أنحاء العالم من لبن حيوانات مختلفة مثل الكافير **Kafir** والكوميس **Koumiss** .

وحيث إن الخميرة لا يمكنها هضم النشا ، فإن أى تخمر للحبوب يجب أن يتضمن مرحلة يتم خلالها تحويل نشا الحبوب إلى سكريات . وتتم هذه المرحلة – عادة – عن طريق ترطيب الحبوب لفترة قصيرة فى درجة حرارة معتدلة حتى تبدأ فى الإنبات ، فينشط إنزيم الأميلاز amylase فى الحبوب ويقوم بهذه العملية .

وفى بعض الحالات ، يقوم الأهالى بمضغ هذه الحبوب لفترة قصيرة بحيث يسمح لإنزيم الأميلاز فى اللعاب بتحويل النشا إلى سكر ، ثم تستعمل هذه الحبوب بعد مضغها فى صناعة المشروبات الكحولية الشعبية ، ولكن هناك بعض الفطريات التى يمكن استعمالها لإحداث هذا التحول مثل فطريات *Rhizopus* و *Mucor* .

وعلاوة على ما سبق ، تستخدم بعض الفطريات فى إنتاج فيتامينات ومواد مشجعة للنمو باستخدام مواد أولية بسيطة . كما تنتج فطريات أخرى أصباغاً وكحولات وبروتينات ودهونا . ومن المواد الهامة التى تنتجها الفطريات : الأرجسترول Ergesterol ، والكورتيزون Cortisone ، وبعض الإنزيمات مثل Amylase ، و Rennin ، و Cellulase ، و Catalase ، و Lactase ، و Lipase .

كما تستخدم بعض الفطريات فى إنتاج عديد من الأحماض العضوية مثل الفيوماريك Fumaric واللاكتيك Lactic والستريك Citric والسكسنيك Succinic والأوكساليك Oxalic ، بالإضافة إلى بعض منظمات النمو مثل الجبرلينات Gibberellins بالإضافة إلى بعض الفيتامينات مثل مجموعة فيتامين B ؛ حيث يستعمل لذلك فطريات معدلة بالهندسة الوراثية Geneticaly Engineer Fungi .

ومن ناحية أخرى ، تلعب الفطريات دوراً هاماً فى اقتصاديات الإنسان بما تحدثه من أمراض للنباتات الاقتصادية التى يزرعها ويهتم بها ، حيث إن معظم النباتات عرضة للإصابة بعديد من الفطريات الممرضة التى تؤدى أحياناً إلى موت العائل النباتى ، أو تحدث – على الأقل – أعراضاً تؤثر على الناتج الاقتصادى كمًّا ونوعاً .

وتتباين أعراض الأمراض النباتية التى تحدثها الفطريات الممرضة للنبات ، حيث يتوقف ذلك على نوع الفطر الممرض ، وقابلية العائل النباتى للإصابة ، والظروف البيئية المحيطة بهما التى تحدد مسار تكشف المرض . فعلى سبيل المثال يصاب الجذر بالعفن ، بينما تظهر على الأوراق أعراض التبقع والذبول ، وقد تصاب بالبياض أو الصدأ ، كما تتعرض الثمار للعفن وسنابل النجيليات للإصابة بالتفحم .

ولقد كانت الفطريات المسببة للأمراض النباتية من أهم العوامل التى أثرت فى المحاولات التى بذلها الإنسان منذ أقدم العصور للحصول على غذائه وكسائه ، ويستدل على ذلك بما ورد ذكره فى الكتب السماوية من أنه حدث قحط فى مصر

لمدة سبع سنين عجاف أصيبت فيها محاصيل الحبوب بأمراض وحشرات قضت عليها، ومن الأمراض التى ورد ذكرها البياض Mildew ، واللفحة Blasting . ومن الحشرات ورد ذكر الجراد . وكان اعتقاد القدماء أن هذه الافات عقاب من الله للناس بسبب خطاياهم .

وقد ذكر أرسطو Aristotle – الذى عاش فى اليونان من سنة ٣٨٤ إلى ٣٢٢ قبل الميلاد – أمراض التين والزيتون والعنب ، وفى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد نشر ثيوفراستس Theofrastus – وهو من تلامذة أرسطو ، وأول عالم نباتى – كتابه (تاريخ النبات) ذكر فيه أمراض الزيتون والعنب والمحاصيل النجيلية ، وأوضح أنها كانت شديدة الوطأة فى اليونان ، وعلى الأخص صدأ محاصيل الحبوب ، التى كانت تحدث بصفة وبائية فى بعض السنين .

وفى الوقت نفسه كان قدماء الرومان يظنون أن الصدأ يحدث بسبب الصقيع أو بتأثير حرارة الشمس على نقط الندى الموجودة على النباتات ، ثم تطور الأمر عندهم حتى جعلوا من بين الآلهة – حسب زعمهم – إلهين مسئولين على إصابة نباتات القمح بالصدأ ؛ هما الإله روبيجاس Robigas والإله روبيجو Robigo . وتعودوا أن يقيموا احتفالات دينية خاصة أطلقوا عليها اسم **Robigalia** ؛ لاسترضاء هذين الإلهين حتى يدفعوا عنهم شر أمراض الصدأ .

وقد ذكر " شاكسبير " فى أحد مؤلفاته سنة ١٦٠٥ بياض القمح Mildew وغيره . وفى عصره صدرت تشريعات لها قيمتها العلمية ، ومن أمثلة ذلك أن فرنسا أصدرت تشريعاً فى سنة ١٦٦٠ فى مدينة " روان " يقضى بإزالة جميع شجيرات الباربرى ، وهى العائل الثانى (المتبادل) الذى يكمل عليه مرض صدأ الساق فى القمح دورة حياته.

وفى النصف الأخير من القرن الثامن عشر ، كان هناك بعض الباحثين – أمثال فابريشوس Fabricius وتليه Tillet ، وفونتانا Fontana ، وبريفو Prevost ، وغيرهم – يعتقدون بأن أمراض النباتات تتسبب عن كائنات متطفلة ، ولكنهم وجدوا صعوبة فى إقناع الآخرين بذلك ، وفى الفترة من سنة ١٧٥٠ إلى ١٨٥٠ جمعت معلومات قيمة وحقائق كثيرة عن علاقة الفطر بالأمراض النباتية .

وإذا عادت عقارب الزمن إلى عام ١٨٤٥ وتوجهنا إلى أيرلندا ، لوجدنا أن أحد الفطريات الضارة قد أثار الدمار والخراب فى حقول البطاطس هناك ،

وهى تمثل ثــروة أيــرلندا القومية وغــذاء الســكان الأســاسى ، وفى هــــذا العــام وقف المزارعون يشــاهدون بإعجاب المساحات الخضــــراء الشاســعة مــن نباتــات البطاطس تغطى أراضيهم منتظرين بفارغ الصبر وقت الحصاد .. وخلال أسبوع واحد تحولت الخضرة بفعل مخرب شرير إلى لون بنى ، كأنمـــا انقضــت علـــى الحقـــول الخضراء صاعقة من السماء حرقت الأوراق والسيقان وأحلت الدمار والخــــراب فـــى محصول البطاطس .

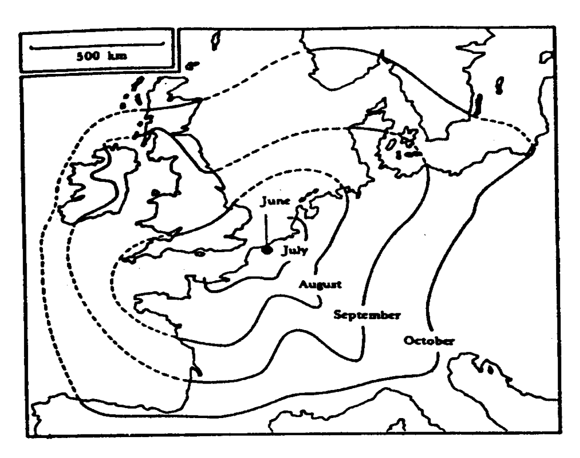
واجتاحت أيرلندا فى هذه السنة فترة رهيبة استنجد فيها النـــاس بالنـــاس ، ومـــات حـــوالى مليون نسمة جوعا ومرضا . وتسببت هذه المجاعة فى هجرة حوالى مليـــون نسمة أخـــرى هاربين بأجســـادهم الهزيلة ، باحثين عن مكان اخر يجدون فيه ما يســد رمقهم . ولقد تحرك هذا المخرب الشرير إلى دول أوروبية أخرى يـــهلك محصولـــها ويشيع الخراب بين ربوعها (شكل م – ١٣) .

لقد كانت أزمة مروعة أزعجت الشعوب والحكومات ، وقلبت الأوضاع ، وحطمت القيم ، ومرت عشر ســـنوات قبل أن يكتشف العالم أن هذا المسبب للمجاعات هو أحد الفطريات الممرضة للنبات ، وهو الذى يسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس .

ولقد أسهم كثير من العلماء فى دراسة الفطريات الممرضة ، وكان أبرزهم العالم دى بارى De Bary ؛ الذى يعتبر أول عالم قام بدراسة أمراض النباتات على أسس علمية صحيحة ؛ وعلى ذلك فإن سنة ١٨٥٠ – وهى السنة التى أثبـــت فيـــها دى بـــارى أن الفطريات يمكنها أن تسبب أمراض النباتات – هى بداية العصر الحديث لعلم أمـــراض النباتات .

وعلى الرغم من التقدم العلمى فى مجال حماية النباتات الإقتصادية مـــن الإصابـــة بالفطريات الممرضة ، والتوصل إلى إنتاج نباتات مقاومة عن طريق الهندسة الوراثية ، إلا أن هذه الفطريات الممرضة قابلت ذلك بتطوير سلالاتها ، منتجة أفـــرادا تســتطيع التغلب على مقاومة النبات واستحكامات دفاعاته .

ولقد حسم الإنســان مشاكله مع تلك الفطريـــات الممرضـــة للنبـــات ، باســتعماله مطهرات كيميائية قـــاتلة أو مثبطة لنمو هذه الفطريات ، بل وأسرف فـــى اســـتخدامها حتى تلوث الهواء وتلوثت التربة والمياه الجوفية ، ووصل هذا التلوث الكيميـــائى إلـــى غذائنا ، وأصبحت هذه الملوثات الكيميائية تهدد البيئة وما يعيش فيها من أحياء .



شكل (م – ١٣) : يوضح سرعة انتشار مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس فى أوروبا عام ١٨٤٥ ؛ حيث توضح الدائرة السوداء مركز انتشار المرض فى أيرلندا (بحث منشور عن Bourke فى مجلة Nature عام ١٩٦٤) .

وأعاد الإنسان اكتشاف الفطريات المترممة ، والتى يستطيع بعضها مكافحة بعض الممرضات حيويا . وتستخدم حاليا أنواع من الفطريات فى مكافحة الحشائش والأعشاب الضارة يطلق عليها اسم Mycoherbicides . ومن أمثلة ذلك استخدام سلالة من الفطر *Colletotrichum gloeosporioides* فى مكافحة بعض الحشائش فى حقول الأرز بالولايات المتحدة ؛ حيث يباع مسحوق جراثيم الفطر تجاريا تحت اسم **Collego** .

ومن ناحية أخرى ، تستخدم بعض التوكسينات الفطرية fungal phytotoxins كمواد قاتلة للحشائش الضارة Herbicides ، حيث تسبب هذه المواد السامة قتل خلايا وأنسجة الحشائش دون الإضرار بالنباتات الاقتصادية التى تنمو معها .

وتتعايش الفطريات مع الأحياء الأخرى فى عيشة تبادل المنفعة ، حيث تلعب –

خلال ذلك – دوراً هاماً فى اقتصاديات الإنسان سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة . ومن أمثلة هذا التعايش نمو بعض الفطريات مع الطحالب مكونة ما يسمى الأشن Lichens . وتتكون هذه النموات الأشنية على سطوح الأشجار والأخشاب الميتة فى الغابات وبساتين الفاكهة ، وأيضاً على سطوح الأحجار والصخور مادامت رطوبة الجو عالية .

وتستخدم بعض الأشنيات فى الحصول على بعض الصبغات والسكريات والكحولات، هذا بالإضافة إلى إستخدام بعض أنواع الأشن فى الحصول على أرقى أنواع العطور الباريسية الشهيرة . ويمكن الاعتماد على بعض الأشنيات فى الغذاء ، حيث يحتوى بعضها على نسبة عالية من الكربوهيدرات ، كما يستخدم بعضها فى علاج بعض الأمراض كالسل .

كما تعيش بعض الفطريات متعاونة مع جذور بعض النباتات ، مكونة نموات هيفية تشبه الجذور ، يطلق عليها اسم الجذور الفطرية Mycorrhizae . وتنمو هيفات بعض أنواع الميكورهيزا حول الجذور مكونة ما يسمى الميكورهيزا الخارجية ، بينما تنمو بعضها داخلياً . وتساعد هذه الفطريات النباتات والأشجار على النمو فى الأراضى الضعيفة ، بينما تعمل بعضها على مقاومة الأمراض (أبحاث للمؤلف وآخرين Ahmed et al., 1995 ; Ahmed et al., 1994; Ishac et al., 1989;1990)

وتيسر الميكورهيزا الخارجية حصول الأشجار التى تنمو حول جذورها على احتياجاتها المائية حتى فى المناطق شبه الجافة النادرة المطر من العالم ، كما تيسر حصول هذه الأشجار على عديد من العناصر المعدنية اللازمة للنمو مثل الفوسفور والبوتاسيوم والحديد ، حتى لو كانت هذه العناصر موجودة فى التربة على صورة أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء (أملاح صخرية) .

ومن ناحية أخرى ، تتعايش أعداد كبيرة من الفطريات مع أنواع محددة من الحشرات ،.إلا أن قليلاً من هذه الأمثلة ما هو معروف لنا ، بينما مازلنا نجهل الكثير عن تلك العلاقة الحميمة الغامضة بين الفطريات والحشرات ، والتى مازالت تحتاج إلى مزيد من البحث والدراسة لإماطة اللثام عنها .

ومن الأهمية بمكان دراسة العلاقة التطفلية بين بعض الفطريات وعوائلها من مفصليات الأرجل ، حيث تلعب معرفة أسرار هذه العلاقة دوراً رئيسياً فى المكافحة

الحيوية لهذه الكائنات الضارة (بحث للمؤلف وآخرين Amin et al., 1994) . وبعض الفطريات ذو مدى عوائلى عريض من مفصليات الأرجل ، بينما البعض الآخر شديد التخصص على عائل حشرى وحيد ، بل إن بعض الفطريات تهاجم أنواعاً معينة من الحشرات ، أو قد تصيب عضواً حشريًّا دون سائر الأعضاء .

ويلعب هذا التخصص دوراً نموذجياً فى المكافحة الحيوية للحشرات الضارة ؛ حيث يسبب الفطر المستخدم خفض أعداد عشيرة الحشرة الضارة دون غيرها من حشرات أخرى قد يكون بعضها أعداءً طبيعية لحشرات ضارة غيرها ، كما لا تسبب هذه الفطريات المستخدمة فى المكافحة الحيوية أضراراً للحشرات النافعة كالنحل .

ومن ناحية أخرى ، تعتمد بعض الحشرات على الفطريات فى معيشتها وتجهيز غذائها ، حيث تعتمد هذه الحشرات فى تحليل سيللوز الخشب على إنزيم cellulase الذى تفرزه الفطريات ، وبالتالى تعمل هذه الحشرات على المحافظة على تلك الفطريات وتساعد على إنمائها ، بل وتنقلها من جيل إلى آخر خلال مراحل حياتها .

وهناك أمثلة عديدة توضح طبيعة هذه العلاقة الوطيدة بين الفطريات وبعض الحشرات ، مثال ذلك دبابير الخشب wood wasps والنمل الأبيض (الأرضة) termites والنمل القاطع للأوراق من الجنس *Attine* وخنافس القلف (الأمبروسيا ambrosia beetles) والحشرات القشرية من الجنس *Aspidiotus* .

وتتغذى بعض هذه الحشرات على النموات الفطرية تغذية مباشرة ، بل تعتبر النموات الفطرية هى الغذاء الوحيد لهذه الحشرات ، مثال ذلك النمل قاطع الأوراق الذى يقوم بزراعة فطريات عيش الغراب داخل حجرات خاصة ؛ بينما تعتمد حشرات أخرى على نشاط النموات الفطرية وإفرازها للإنزيمات المحللة للسيليلوز واللجنين فى تجهيز غذاء مناسب لها مثل خنافس الأمبروسيا .

ويصل هذا التعايش بين الحشرة والفطر إلى درجة وجود علاقة تبادل منفعة داخلية يعيش فيها الفطر داخل جسم الحشرة فى تركيب معين intracellular symbionts ، وهذه الفطريات داخلية التعايش عبارة عن خمائر أسكية .

وحيث إنه من الصعب أن يضم مؤلف ما جميع أنشطة الفطريات وعلاقاتها المتشابكة مع الكائنات الحية الأخرى التى تشاركها بيئتها ، فإن هذا الكتاب سوف يتعرض لبعض بيئات الفطريات التى مازال بعض الغموض يحيط بها ، مثل البيئة

المائية ، وأيضا يتعرض لعلاقة الفطريات ببعض الأحياء الأخرى من حولها ، والتى تؤثر تأثيرا مباشرا على حياة الإنسان واقتصادياته ؛ مثال ذلك الحشرات والنيماتودا .

كما يتناول الكتاب أيضا بعض الموضوعات الهامة الأخرى التى لم يسبق لمؤلف اخر تناولها باللغة العربية ، مثال ذلك نشأة الفطريات ، والفطريات الحفرية ، ثم استدعاء المعلومات الخاصة بالفطريات عن طريق شبكة المعلومات الدولية .

رابعا ـ وضع الفطريات بين الكائنات الحية :

تتضمن الفطريات مجموعة من الكائنات الحية الخالية من الكلوروفيل ، وهى تشبه النباتات الخضراء فى أن لكل منهما جدرا خلوية محددة ، عدا بعض الشواذ . ويتركب جسم الفطر من مجموعة من النموات الخيطية التى يطلق عليها اسم هيفات hyphae ؛ حيث تتجمع فيما بينها مكونة الغزل الفطرى (الميسليوم mycelium) .

وتنمو هيفات الفطر طرفيا ، ولكن معظم أجزاء الجسم الفطرى thallus لدية القدرة الكامنة على النمو ؛ فاية فتيتة من أى جزء منه تكفى لبدء حياة جديدة ؛ مكونة هيفات الفطر وتراكيبه المميزة . ويختلف الجسم الفطرى عن النباتات الراقية فى كون الأول بسيط التركيب ، ولا يوجد به الجهاز الوعائى الذى يميز النباتات الراقية .

ولقد بدأت دراسة الفطريات بملاحظة الأنواع الكبيرة الحجم ؛ مثل فطريات عيش الغراب ، سواء المأكول منها أم السام Mushrooms & Toadstools ، حتى أن العلم المختص بدراسة الفطريات Mycology يشتق من الكلمة اليونانية Mykes ؛ بمعنى فطر عيش الغراب، بينما يقصد بالكلمة Logos " علم " أو " دراسة " .

ومع بداية القرن الثامن عشر ، بذلت محاولات عديدة لتصنيف الكائنات الحية ؛ وذلك بناء على طريقة تغذيتها وطبيعة نموها وخصائصها الحيوية ، وكان أول من وضع أسس نظام التصنيف الحالى للأحياء هو العالم السويدى لينيوس (1753) Carlus Linneaus ؛ حيث قسم الكائنات الحية إلى

مملكتين : المملكة النباتية ، والمملكة الحيوانية ، واستمر ذلك التقسيم حتى منتصف القرن الحالى .

ولقد صنفت الفطريات – حينذاك – فى المملكة النباتية والكائنات الشبيهة بالنباتات Plant Kingdom for Plants and Plant-Like Organisms ، تحت قسم النباتات الثالوثية Subdivision Thallophyta والتى كانت تشمل الطحالب والفطريات . واستمر هذا الوضع لفترة طويلة ، على الرغم من صفات الفطريات المغايرة لصفات الطحالب والنباتات بصفة عامة ، إلا أن هذا التلازم بين علم النبات ودراسة الفطريات مازال قائما حتى الآن ، ومازالت الفطريات تدرس كجزء من علوم النبات فى بعض الجامعات والمعاهد فى شتى أنحاء العالم .

ولا يمكن اعتبار الفطريات نباتات ؛ فعلى الرغم من تشابه خلايا الفطريات مع خلايا النباتات الخضراء فى بعض صفاتها – مثل الجدار الخلوى الصلب ، والنواة الحقيقية – إلا أن الفطريات لا تحتوى على كلوروفيل ؛ وبالتالى فهى تعجز عن تمثيل غذائها العضوى ضوئيا باستعمال ثانى أكسيد الكربون والأيونات المعدنية والماء ؛ فالفطريات – شأنها فى ذلك شأن الحيوانات – غير ذاتية التغذية heterotrophic organisms .

وتختلف الفطريات عن الحيوانات فى عدم قدرتها على ابتلاع المواد العضوية الصلبة وهضمها داخليا ، ولكنها تفرز إنزيماتها الهاضمة خارجيا ، محللة المواد العضوية بحيث تصبح ذائبة ، ثم تمتص هذه المواد من خلال غشائها السيتوبلازمى .

ومع تقدم علوم الحياة ، وتطور صناعة الميكروسكوب حتى ظهور الميكروسكوب الإليكترونى ، أمكن إزالة الغموض عن ذلك العالم الخفى الذى لم يره علماء الأحياء القدماء وهو عالم الأحياء الدقيقة ، وأصبح من اللازم إعادة النظر فى تقسيمها بعيدا عن المملكتين التقليديتين : النباتية والحيوانية .

ولقد أظهر الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى الاختلافات الجوهرية بين الفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا ؛ حيث تميزت نواة البكتريا بانتشارها فى السيتوبلازم وعدم وجود غشاء نووى يحيط بها، كما لا يوجد الحمض النووى DNA فى كروموسومات ، ويغيب وجود الميتوكوندريا والشبكه الاندوبلازمية فى خلايا

البكتريا ؛ وعلى ذلك تعتبر البكتيريا من الأحياء الدقيقـــة ذات النـــواة غـــير الحقيقيـــة prokaryotic microorganism .

وعلى العكس من ذلك ، أظهرت خلايا الفطريات وجود أنويةٍ حقيقية – تشابه أنوية النباتات والحيوانات – حيث يطلق عليها اسم الكائنات ذات النواة الحقيقية eukaryotic organisms . وتتبع مثل هذه الكائنات الحية المملكة العليا : الكائنات الحقيقيـــة النـــواة Superkingdom : Eukaryota ، بينما تقع الفطريات تحت مملكة خاصة بـــها يطلـــق عليها أسم مملكة الفطريات (Kingdom : Myceteae (Fungi .

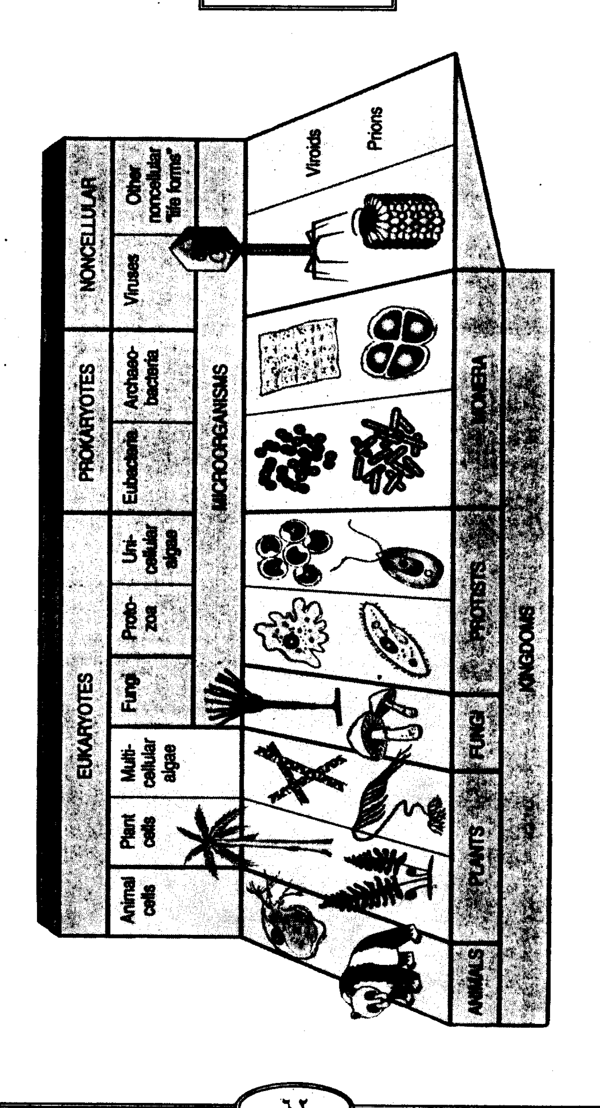
وبناءً على ذلك يمكن تقسيم الأحياء إلى خمس ممالك مختلفةٍ أختلافاً جوهرياً فى صفاتها ؛ وهى :

١ – مملكة النباتات	Kingdom : Plantae
٢ – مملكة الحيوانات	Kingdom : Animalia
٣ – مملكة الفطريات	Kingdom : Fungi (Myceteae)
٤ – مملكة البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة	Kingdom : Monera
٥ – مملكة القبليات	Kingdom : Protista

ويتضح – مما سبق – اعتماد تصنيف الكائنات الحية على مرحلة تطورها وتركيبها الدقيق ووظيفة أعضائها . ولقد وضعت عديد من النظريات التى تفترض كيفية نشـــوء الحياة على الأرض وتطورها ؛ على أساس بداية الخليقة فى الوسط المائى .

وتختلف الافتراضات الخاصة بطبيعة نشأة الحياة ؛ حيث يعتقـــد أن الكـــائن الحـــى الأولى لابد أنه كان يحتوى على كلوروفيل ، أو أية صبغة أخرى تقوم بعملية التمثيـــل الضوئى photosynthetic pigments وتحويل الضوء إلى طاقة تستخدم فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون وإنتاج مواد كربوهيدراتية بسيطة .

ويدعم هذا الفرض عدم وجود مواد عضوية على سطح الأرض عند بدء الخليقـــة ، والطريقة الوحيدة لبداية الحياة هى وجود كائناتٍ حيةٍ تستطيع تجهيز غذائها العضـــوى بنفسها ، مكونة جميع المركبـــات العضوية المعقدة التى تحتاج إليها للنمو والتكـــاثر . وقد تكون الكائنات الحية الأخـــرى – التى لا تحتوى على هـــذه الصبغـــات الممثلـــة للضوء – عبارة عن طفراتٍ ؛ حيث اعتمدت هذه الأحياء بعد ذلك فى حياتـــها علـــى الأحياء السابقة الممثلة للضوء ؛ سواء بالتطفل ، أم الترمم .



شكل (م - ١٤) : نظام تقسيم الكائنات الحية إلى خمس ممالك ، ويعتمد هذا النظام على النمط الغذائي mode of nutrition ومســـتوى تعضـد جسم الكائن الحي degree of organization .

وتوضح الدراسات الحديثة أن النظرية السابقة لم تضع فى حسبانها الظروف الجوية التى كانت سائدةً على سطح الأرض عند بدء الخليقة ؛ فلقد أثبت البحث العلمى أن جو الأرض كانت تسوده أبخرة الأمونيا وغاز الميثان ، بينما كان ينقصه غاز الأكسوجين ، وتحت هذه الظروف تمت عديد من التفاعلات الكيموحيوية اللانهائية ؛ أدت إلى تكوين بعض المركبات العضوية الأولية دون الحاجة إلى وجود صبغاتٍ ممثلةٍ للضوء .

وبناءً على ما سبق ، فإنه من المحتمل أن تكون هناك أنواع من الأحياء الدقيقة قد ظهرت فى مياه المحيط الأعظم لا تحتوى على صبغات ممثلة للضوء ، هذه الأحياء كانت هى أسلاف الفطريات .

ومن ناحيةٍ أخرى تناقش بعض النظريات الحديثة نشوء الفطريات وارتقائها ، ووضعها بين الكائنات الحية الأخرى ؛ وذلك على أساس النمط الغذائى للكائنات الحية . وبناء على ذلك تم تقسيم الأحياء إلى ثلاثة أقسام : يعتمد الأول على التمثيل الضوئى photosynthesis ، والثانى على امتصاص المواد العضوية الذائبة absorption من الوسط المحيط ، بينما يعتمد القسم الثالث من هذه الأحياء على ابتلاع المواد العضوية الصلبة وهضمها ingestion داخل جسمها ، وتحللها إلى مواد بسيطة يتم امتصاصها بعد ذلك .

وهناك نظريات أخرى مختلفة تعتمد على تركيب الكائن الحى ، وذلك على أساس مرحلة تطوره وعلاقته بالكائنات الحية الأخرى . فعلى سبيل المثال تفترض أحد هذه النظريات أن الحياة بدأت بكائناتٍ وحيدة الخلية ، ثم تطورت إلى أحياء عديدة الخلايا ؛ بحيث يكون أكثر الأحياء تطوراً هو ذلك المعقد التركيب ذو الأنسجة المتخصصة فى أداء وظائفها .

ويمكن الاعتماد على جميع النظريات السابقة ووضعها فى الحسبان عند مناقشة منشأ هذه الفطريات وتطورها ؛ فالفطريات كائنات متعددة الخلايا ذات أنويةٍ حقيقيةٍ ، وجدار خلاياها صلب ، ولا تحتوى على صبغات ممثلة للضوء ؛ كما تمتص غذاءها الذائب فى الماء من البيئة التى تنمو عليها عن طريق جزءٍ من نمواتها الهيفية مغمور فى هذا المصدر الغذائى .

وعلى الرغم من التركيب المتعدد الخلايا الذى يميز الفطريات ، فإن أنسجتها تخلو

من الأعضاء المعقدة ذات الوظائف المحددة ، وإذا وجدت فى بعض الفطريات الراقية – مثل فطريات عيش الغراب – فإنها تكون غير تامة التكوين .

فعلى سبيل المثال ، تتكون أعضاء التكاثر فى بعض الفطريات بدرجةٍ جيدةٍ ؛ حتى تبدو حياة بعض هذه الفطريات معقدة ، وخاصةٍ فى الفطريات الراقية . أما فى الفطريات الأقل تطوراً فإنها تتشابه مع الكائنات التابعة لمملكة الحيوانات الدقيقة Protista فى كونها وحيدة الخلية ، أحادية النواة ، ذات جدر خلوية مرنة ، وخلايا متحركة .

كما أن بعض الفطريات تتشابه مع الطحالب فى صفاتها الخارجية وفى دورة حياتها ، حتى أن بعض الباحثين يضع هذه الفطريات مع الطحالب غير الملونة non pigmented algae ، وهى الطحالب غير ذاتية التغذية ؛ لعدم قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى .

ويتضح مما سبق أن هناك ارتباطاً بين الكائنات الحية المعاصرة المختلفة من ناحية منشئها ؛ حيث تدل الأبحاث على أن أصل جميع الأحياء هو أصل واحد مشترك، خلقه الله سبحانه وتعالى عند بدء الخليقة فى مياه المحيط الأعظم ؛ مصداقاً لقوله تعالى (وجعلنا من الماء كُلَّ شيئٍ حيٍّ) صدق الله العظيم .

خامسا ـ المراجع References :

Ahmed, M. A. (1983) . Untersuchungen zur Mikroflora der Phyllosphaere von Gerste. Disseration zur Erlangung des Doktorgrades der Georg-August-Univeristat zu Gottingen. 161 pp.

Ahmed, M . A. (1988) . Production of Edible Mushrooms. News Letter, Cairo Mircen, Egypt 12:22-29.

Ahmed, M. A. (1988 a) . Behaviour of Phyllosphere Fungi on Maize Leaves in Egypt. Proc. 2nd Conf. Agr. Develop. Res. 2:57-70 .

Ahmed, M. A. (1988 b) . Effect of Phyllospheric Fungi on the Acceleration of Leaf Senescence of Maize in Relation to *Drechslera maydis*. Proc. 2nd Conf. Agr. Develop. Res. 3:71-82.

Ahmed, M. A. and E. A. Saleh (1987) . Phyllosphere Microflora of Tomato Leaves

and Their Antagonistic Activity Againsts *Alternaria solani*. Proc. 1st Conf. Agr. Develop. Res. 4:106-122.

Ahmed, M. A. ; E. A. Saleh and Amira A. El-Fallal (1994) . The Role of Biofertilizers in Suppression of *Rhizoctonia* Root-Rot Disease of Broad Bean. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. , Cairo , 39(1) : 379-395 .

Ahmed, M. A. ; I. S. Elewa ; M. M. El-Zayat ; H. M. El-Antably and Waffaa M. Abd El-Sayed (1995) . Influence of Vesicular Arauscular Mycorrhizal Fungi on The Development of Crown Gall Disease. Egypt J. Appl Sci., 10(5) : 795-809 .

Alexopoulos, C. J. ; C. W. Mims and M. Blackwell (1996) . Introductory Mycology - 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York . pp. 1-25 .

Ames, B. N. ; R. Magaw and L. S. Gold (1987) . Ranking Possible Carcinogenic Hazards. Science, 230:271-280 .

Amin , A. H. ; Madiha , A. Rizk ; M. A. Ahmed and H. E. A. Saker (1994) . Parasitism of Entomogenous Fungi on *Chrysomphalus ficus* Ashmead on Citrus Plants in Egypt. 5th Conf. Agric. Dev. Res., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, 2:815-829 .

Blanchette, R. A.; B. D. Compton ; N. J. Turner and R. L. Gilbertson (1992) . Nineteenth Century Shaman Grave Guardians are Carved *Fomitopsis officinalis* Sporophores. Mycologia, 84:119-124 .

Borel, J. F. (1982) . The History of Cyclosporin A and Its Significance. pp. 3-17 in (Cyclosporin A. Ed D. J. G. White - Elsevier Biomedical, New York) .

Claydon, N. (1984) . Secondary Metabolic Products of Selected Agarics. pp. 561-580. In " Developmental Biology of Higher Fungi " - Ed. D. Moore ; L. A. Gasselton ; D. A. Wood and J. C. Franklin - Cambridge Univ. Press, Cambridge .

Findlay, W. P. K. (1982) . Fungi : Folklore, Fiction & Fact. Kingprint, Richmond, Surrey, United Kingdom .

Flynn, V. T. (1991) . Is The Shiitake Mushroom An Aphrodisiac and A Cause of Longevity ? - pp. 345-361. In " Science and Cultivation of Edible Fungi " Ed. M. J. Maher - Balkema, Rotterdam, The Netherlands .

Gilbertson, R. L. (1980) . Wood - Roting Fungi on North America - Mycologia, 72 : 1 - 49 .

Glawe, D. A. and W. U. Solberg (1989) . Early Accounts of Fungal Bioluminescence - Mycologia, 81 : 296 - 299 .

Gregory, F. J. ; E. M. Healy ; H. P. K. Jr. Agersboeg and G. H. Warren (1966) . Studies on Antitumor Substances Produced by Basidiomycetes. Mycologia, 58 : 80 - 90 .

Ishac, Y. Z. ; M. A. Ahmed ; F. Abo El-Abbas and R. Abd El-Aziz (1989) - Interaction Between VA-Mycorrhizae, *Fusarium solani* f-sp. *phaseoli* and/or Soybean Mosaic Virus (SMV) . Abst. Proc. 5th International Symposium on Microbial Ecology, Kyoto, Japan p. 135 .

Ishac, Y. Z. ; M. A. Ahmed and S. H. El-Deeb (1990) - Effect of Biofertilizers on Controlling *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*. Abst. Proc. 5th International Symposium on Nitrogen Fixation With Non-Legumes. Florence, Italy, p. 75 .

Kappel, T. and R. H. Anken (1993) . The Tea-Mushroom. The Mycologist, 7 (1) 12 - 13 .

Kealey, K. S. and F. Y. Kosikowski (1981) . Corn Smut As a Food Source - Perspectives on Biology, Composition and Nutrition - CRC Crit. Rev. Food Sci Nutr. 15 : 321 - 351 .

List, P. H. and W. Hufschmidt (1959) . Basische Pilzinhaltstoffe. 5 - Uber Biogene Amine und Aminosauren des Teepilzes - Pharm. Zentr. Halle Dtsch., 98 ; 594 - 595 .

Minter, D. W. ; P. F. Cannon and H. L. Peredo (1987) . South American Species of *Cyttaria* (a Remarkable and Beutiful Group of Edible Ascomycetes) . The Mycologist, 21 : 7 - 11 .

Pope, D. D. and S. M. Mc Carter (1992) . Evaluation of Inoculation Method for Inducing Common Smut on Corn Ears. Phytopathology, 82 : 950 - 955 .

Rensberger, B. (1992) - The Iceman. Now the research is on ice. J. NIIT Res. 4 : 25 - 27 .

Smith, M. L. ; J. N. Bruhn And J. A. Anderson (1992) - The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms. Nature, 356 : 428 - 431 .

Wasson, R. G. (1980) - The wonderous mushroom : Mycolatry in Mesoamerica McGraw-Hill, New York .

الباب الأول



المملكة الفطرية



الباب الأول
المملكة الفطرية
The Fungal Kingdom

مقدمة :

تضم هذه المملكة – Kingdom : Myceteae – عددا هائلا من الفطريات ، لا يُعرف منه إلا حوالى ٦٣ ألف نوع فقط ، يضاف إليها حوالى ألف نوع جديد سنويًا . وحيث إن معظم هذه الفطريات ضئيلة الحجم ، لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، كما أن عدد المشتغلين فى مجال الفطريات فى العالم محدود للغاية ، فإن ما يظهر لنا من فطريات هو جزء ضئيل من حجم هائل من الفطريات التى تعيش على سطح الأرض أو فى مياه البحار والمحيطات . ويعتقد أن العدد الكلى للفطريات حوالى ١,٥مليون نوع ، وهذا العدد يفوق عدد النباتات الزهرية المعروفة .

ويمكن تقسيم الفطريات الحقيقية Eumycota إلى أربعة تحت أقسام Subdivisions؛ هي : الماستيجومايكوتات Mastigomycotina ، والفطريات الزيجية Zygomycotina، والفطريات الأسكية Ascomycotina ، والفطريات البازيدية Basidiomycotina .

وبالإضافة إلي ما سبق ، فإن هناك تحت قسم أخر يضم الفطريات التى لم يشاهد لها حتي الآن أى تكاثر جنسيّ ؛ وهو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina . وتتكاثر هذه الفطريات الناقصة عن طريق أطوار كونيدية anamorphic states ، بينما لا تتكون أطوار كاملة telemorphic states ؛ لذلك يطلق علي هذه الفطريات اسم الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti (جدول ١ – ١) .

وتعيش بعض الفطريات فى علاقة تبادل منفعة مع بعض الطحالب ، مكونة نموًا مشتركاً يعرف باسم " الأشن Lichens " . ويبلغ عدد الأنواع الفطرية التى تتخصص

فى تكوين هذه الأشنيات حوالى ١٣٥٠٠ نوع ، وهذا يرفع عدد الفطريات المعروفة إلى أكثر من ٧٧ ألف نوع .

جدول (١ - ١) : أعـداد الأنـواع الفطريـة التابعة لتحت أقسـام الفطريات الحقيقيـة عن (Hawksworth et al., 1983)

عدد الأنواع الفطرية	Sub Division	تحت قسم
١١٧٠	Mastigomycotina	١ - الماسيتجومايكوتات
٧٦٥	Zygomycotina	٢ - الفطريات الزيجية
٢٨٦٥٠	Ascomycotina	٣ - الفطريات الأسكية
١٦٠٠٠	Basidiomycotina	٤ - الفطريات البازيدية
١٧٠٠٠	Deuteromycotina	٥ - الفطريات الناقصة
٦٣٥٨٥	الإجمالى	

ولقـد واجـه تصنيف الفطـريات الناقصـة عديـد من المشاكـل التـى نـاقشها (Webster 1980) بإسهاب. وعـلى أية حال، تعتبر معظـم الفطريـات الناقصـة أطوارا كونيدية لفطريات أسكية ، بينما قليل منـها بازيـدى ، ويشـار إلـى هـذه الفطـريات - عادة - باسم " الفطريات الكونيدية conidial fungi " .

ولا يوجد - حتى الآن - تصنيف معتمد لهذه الفطريات الناقصـة ، ولكـن يمكـن اعتبار التصنيف الذى وضعه (1973) Ainsworth ونقحه (1980) Webster هـو أكثر التصنيفات شيوعا واستعمالا حتى الآن . ولكن مازال هذا التصنيف عرضة لعديد من التعديلات ، وذلك مع تقـدم البحث العلمى واكتشاف مزيـد مـن صفـات هـذه الفطريات .

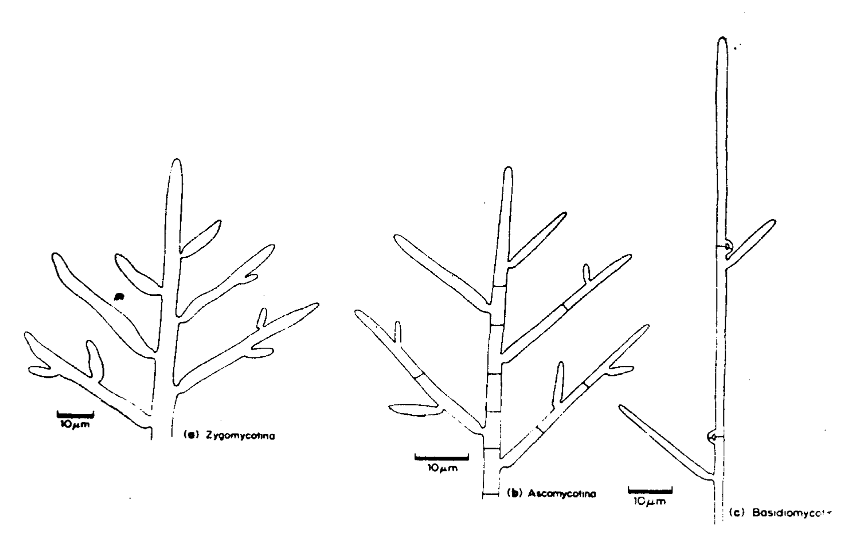
أولا - الميسليوم الفطرى The Fungal Mycelium :

على الرغم من تفاوت حجم الفطريـات من تلك التـى لا يمكـن رؤيتـها بـالعين المجردة ، إلى تلك الأنواع الكبيرة مثل فطريات عيش الغراب ، إلا أن وحدة تركيبـها الأساسية واحدة فى جميع الحالات وهى الـهيفا hypha . وتعتـبر الـهيفات خيوطـا أسطوانية متفرعة، ميكروسكوبية ، تحتوى على سيتوبلازم تسبح فيه عديد من الأنوية الحقيقية .

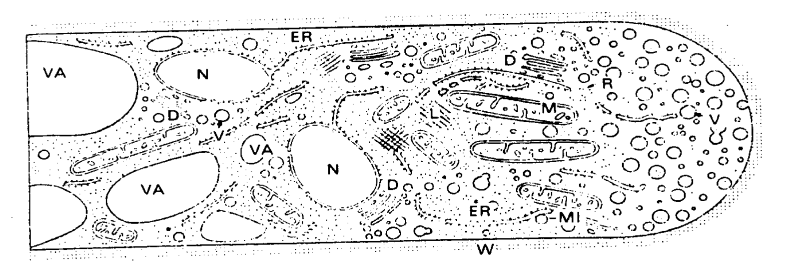
وتتجمع الهيفات مكونة جـسم الفطـر ، والذى يطـلق عليـه اسـم الغـزل

الفطرى (ميسليوم mycelium) . وقد تقسم خيوط الهيفات بجدر عرضية ، وتعـــرف بالهيفات المقسمة septate hyphae ، بينما الفطريـــات غيـــر الراقيـــة تكـــون غـــير مقسمـــة الهيفـــات aseptate hyphae حيـــث تســـبح أنويتـــها فـــى مدمـــج خلـــوى coenocytic hyphae .

وقد تقسم الجدر العرضية هيفـــا الفطـــر إلـــى أجـــزاء هيفيـــة متعـــددة الأنويـــة multinucleate compartments ، وتتميز هذه الجدر العرضية بأنها مثقبة بعديد مـــن الثقوب ، وأحيانا يوجد ثقب واحد مركزى . وتسهل هذه الثقوب اتصـــال ســـيتوبلازم خلايا الهيفات الفطرية بعضها ببعض .



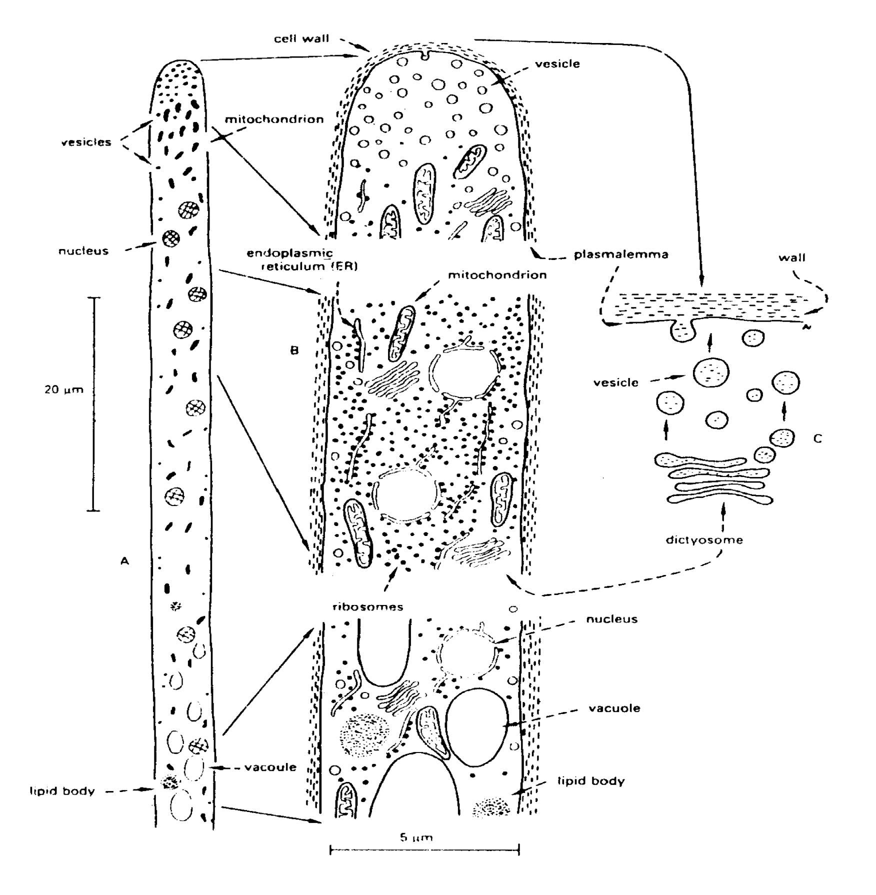
شكل (١ - ١) : النموات الهيفية لطوائف الفطريات المختلفة .
(a) : هيفا غير مقسمة aseptate hypha لفطر يتبع الفطريات الزيجية .
(b) : هيفا مقسمة septate hypha لفطر يتبع الفطريات الأسكية .
(c) : هيفـــا مقســـمة ، يتـــكون عنـــد جـــدرها العـــرضيـــة روابـــط كلابية clamp connections لفطر يتبـــع الفطـــريـــات البـــازيـــدية .
(عن Hudson, 1986) .



شكل (١ - ٢) : رسـم تخطـيطـى يوضــح تركـيب القمة الناميــة لهيفـا فطـريــة .
(عن Grove & Bracker, 1970) .

D = Dictyosome
ER = Endoplasm Reticulum
L = Lipid body
M = Mitochondrion
MI = Microbody
N = Nucleus
V = Cytoplasmic vesicle
VA = Vaculose
W = Wall

ويتم نمو هيفا الفطر وتفرعها عند قمتها الناميــة ذات الجــدار المــرن الرقيــق ، بينما يتميز الجدار الخلوى - فى المنطقة التى تلى القمة الناميــة - بأنــه أكــثر صلابة ؛ مما يجعل الهيفا النامية محتفظة بشكلها الأنـبوبى (شكل ١ - ١) . وتظهر مناطق التفرع عند منطقة النمو الطرفية ؛ حيث يندفع السيتوبلازم إلى هــذه النمـوات الجديدة .



شكل (١ - ٣) : التـــركـــيب الدقيـــق لهيفـــا الفطـــر *Pythium* . قطـــاع طولى فى طرف الهيفا.
A = شكل عام للهيفا .
B = أجزاء مكبرة من الهيفا معتمـــدة على الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى .
(عن Grove et al, 1970) .

١ – الجدار الخلوى :

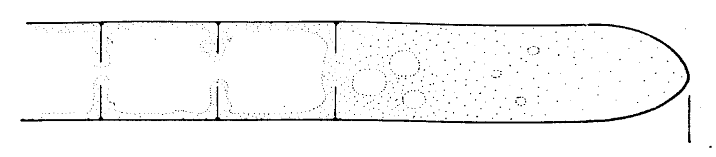
يتركب الجدار الخلوى للفطريات من معقدات من الجلوكـــان glucan polymers ، ويتميز هذا الجدار بالليونة عند القمة النامية للهيفا ، أما بقية جدر الهيفات فهى صلبة ، غير مرنة ، وغير قابلة للتمدد ؛ وهذا يجعل الهيفات قادرة على اختراق البيئات الصلبة التى تنمو فيها .

ويحتوى الجـــدار الخـــلوى لهيفـــات معظم الفطريات على كميـــة قليلة من الشيتين chitin ؛ وهو مركب معقد صلب يتم تخليقه مـــن مـــادة N-acetylglucosamine ، يعمل على صلابة الجدر الخلوية للهيفات الفطرية . ولكن لا يوجد الشيتين فى هيفـــات بعض الفطريات ؛ مثل الفطريات البيضية ، وبعض الخمائر التابعة للفطريات الأسكية .

ويكون الشيتين ٣-٦٠٪ من الوزن الجاف للجدار الخلوى ، وعادة يرتبط الشيتيـــن بالجلوكانات ؛ مثل

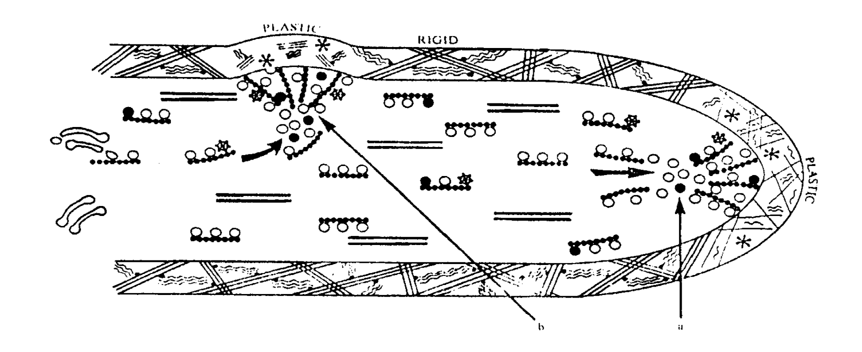
α 1,3 and 1,4 linked glucans و non-cellulosic β-1,3 and 1,6 linked glucans .

ولقد قسم Bartnicki-Garcia (1968) الجدر الهيفية للفطريـــات – مـــن ناحيـــة محتواها من السكريات المعقدة – إلى ثمانى مجموعات ، حيث وجد أن هذا التقسيم ذو علاقة ارتباطية بالمجاميع التقسيمية للفطريات .



قمـــة الـــهيفا – جدار خلوى مرن – ســـيتوبلازم متجانس .	جـــدار خلـــوى صلب – ظهور فقاعـــات فـــى السيتوبلازم .	وجود الجدر العرضية – فقاعات كبيرة الحجـــم – السيتوبلازم موجود على صورة طبقة رقيقة على محيط الخلية الخارجى تحت الجـــدار الخلـــوى ، ويحتوى على الأنوية .

شكل (١ – ٤) : رسم يوضح تركيب هيفا مقسمة ، وطريقة نموها طرفيا .



شكل (١ - ٥) : صفات النمو الطرفي وتفرع هيفا الفطر ، وتكوين الفقاعات الصغيرة microvesicles ذات الأنواع المتعددة والمتكونة عن طريق أجسام جولجي Golgi bodies ؛ والتي تنتقل إلى القمة النامية (a) ومنطقة التفرع (b) . (عن Gooday, 1995) .

فعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم الفطريات الراقية ذات الميسليوم المقسم تحتوى جدرها الخلوية على المعقد شيتين - جلوكان chitin - glucan ، بينما تحتوى جدر هيفات فطريات أخرى على المعقد سيليلوز - جلوكان cellulose - glucan والمعقد شيتين - شيتوزان chitin - chitosan ، والمعقد مانان - جلوكان mannan - glucan (جدول ١ - ٢) .

ويتركب الجدار الخلوى فى الفطريات البيضية التابعة للماستيجو مايكوتات Mastigomycotina ذات الهيفات غير المقسمة من السليلوز ؛ فعلى سبيل المثال يحتوى الجدار الخلوى للفطر *Phytophthora* على حوالى ٩٠٪ من وزنه الجاف جلوكان glucan ، ويعتقد أن ربع هذه الكمية عبارة عن سيليلوز (معقد من الجلوكوز المرتبط برابطة β-1,4) ، والباقى عبارة عن معقد من سلاسل متفرعة من الجلوكوز المرتبط بروابط β-1,3 و β-1,6 .

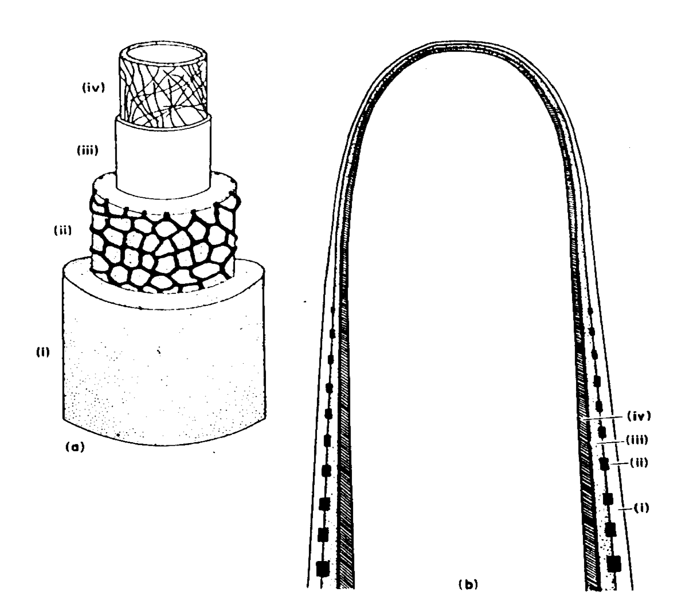
جدول (١ - ٢) : التركيب الكيميائى لجدر هيفات المجاميع الفطرية.
عن (Bartnicki-Garcia, 1968)

المجموعة التقسيمية		التركيب الكيميائى للجدار الخلوى
١ - الأكراسيوميسيتات	Acrasiomycetes	معقد من السيليلوز والجيكوجين cellulose - glycogen
٢ - الفطريات البيضية	Oomycetes	معقد من السيليلوز والجليكان cellulose - glycan
٣ - الهيفوكيتريديوميستات	Hyphochytridiomycetes	معقد من السيليلوز والشيتين cellulose - chitin
٤ - الفطريات الزيجية	Zygomycetes	معقد من الشيتين والشيتوسان chitin - chitosan
٥ - الفطريات الكيتريدية	Chytridiomycetes	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات الأسكية	Ascomycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات البازيدية	Basidiomycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات الناقصة	Deuteromycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
٦ - الفطريات الأسكية غير الحقيقية؛ وتشمل عائلات الخمائر	Hemiascomycetes Saccharomycetaceae Cryptoccocaceae	معقد من المانان والجلوكان mannan - glucan
٧ - الفطريات البازيدية عائلة	Basidiomycotina Sporobolomycetaceae	معقد من المانان والشيتين mannan - chitin
٨ - الترايكوميسيتات	Trichomycetes	معقد من البولى جلاكتوز أمين والجلاكتان polygalactos amine - galactan

ومن المميزات الأخرى لجدر هيفات الفطريات البيضية ، وجود الحمض الأمينى هيدروكسى برولين hydroxyproline . ولا يوجد هذا الحمض الأمينى فى الفطريات ذات الجدر الشيتينية ، ولكنه يميز الجدر الخلوية للطحالب الخضراء والنباتات البذرية . ويعتقد أن هذا الحمض الأمينى يكون رابطة هامة بين السليلوز وبروتينات الجدار الخلوى .

ومن ناحية أخرى ، تتركب جدر هيفات الفطريات الزيجية من معقد الشيتين والشيتوسان chitin chitosan ؛ حيث يعتبر الشيتوسان معقدا شبيها بالشيتين ، ولكنه خال من حمض الخليك non-acetylated chitin-like polymer .

كما أن تركيب الجدار الخلوى لاى نوع من الفطريات ليس متشابها تحت جميع الظروف ، بل على العكس من ذلك ، فالمركبات التى قد تكون موجودة فى الهيفات الفطرية عند بداية تكوينها قد تختفى كلية عندما تتقدم هذه الهيفات فى العمر .



شكل (١ - ٦) : (a) : رسم تخطيطى لطبقات الجدار الخلوى للفطر *Neurospora* .
(i) : طبقة الجلوكانات glucans الخارجية .
(ii) : طبقة مكونة من شبكة الجلوكانات المغمورة فى بروتين الجدار الخلوى .
(iii) : طبقة البروتين الجدارى الأساسية .
(iv) : الطبقة البروتينية الداخلية والتى ينغمد فيها الألياف الشيتينية الدقيقة chitin microfibrils .
(b) : رسم تخطيطى لتركيب الجدار الخلوى عند منطقة القمة النامية للفطر *Neurospora* تتضح فيه طبقات الجدار .
(عن Burnett, 1976) .

وقد تترسب بعض المركبات الأخرى على الجدار الخلوى ؛ لتخفى تحتها مركبات أخرى سابقة ؛ مما يجعل الكشف عن مثل هذه المركبات صعبا للغاية . وتلعب بعض العوامل الخارجية - مثل درجة الحرارة ، ورقم الحموضة - دورا هاما فى تركيب الجدار الخلوى لمثل هذه الفطريات .

وعلى سبيل المثال ، وجد معقد المانوز mannose فى الجدر الخلوية للخمائر ، بينما وجد معقد المانان والجلوكان فى جدر الخمائر الحقيقية ، والأطوار الشبيهه بالخمائر فى بعض الفطريات الأخرى . ويوجد معقد المانان فى مثل هذه الفطريات خلال فترة تكوينها للخلايا المتبرعمة الشبيهه بالخميرة ؛ حيث يعمل على مرونة خلاياها وسهولة تبرعمها .

ويتميز الجدار الخلوى لهيفات معظم الفطريات بتكوين متعدد الطبقات ؛ حيث تظهر الطبقة الداخلية مكونة من نسيج محبوك من ألياف دقيقة microfibrillar texture ، بينما يبدو السطح الخارج للجدار غير مميز التركيب . ويوضح شكل (١ - ٦) المناطق الأساسية لتركيب طبقات جدار هيفا فطر *Neurospora* .

٣ - المحتويات الداخلية للخلية الفطرية :

تشبه خلايا هيفات الفطريات الحقيقية خلايا النباتات الخضراء من ناحية بعض محتوياتها الداخلية ؛ فبرغم احتواء كلتيهما على أنوية حقيقية ، محاطة بغشاء نووى مزدوج توجد به ثقوب تعمل كممرات لتبادل المواد الغذائية وغيرها بين النواة والسيتوبلازم ، إلا أن عدد هذه الأنوية يختلف فى كل من خلية الفطر وخلية النبات .

فعلى سبيل المثال تحتوى خلايا النبات - عادة - على نواة واحدة ، ولكن تحتوى خلايا الهيفات المقسمة على نواة واحدة أو نواتين أو عديد من الأنوية ؛ وذلك على حسب نوع الفطر والطور الذى يمر به خلال دورة حياته . وفى بعض الحالات تحتوى خلايا الفطر على عدد كبير جدا من الأنوية ؛ كما فى حالة الفطر *Neurospora crassa* الذى يصل فيه عدد الأنوية إلى حوالى ١٠٠ نواة فى الخلية الواحدة .

ويحتوى سيتوبلازم الخلية الفطرية على جسيمات صغيرة تسمى الميتوكوندريا mitochondria ، وهى تشبه - إلى حدّ كبير - نظيراتها الموجودة فى سيتوبلازم

خـــلايا النباتات الخضراء . وتلعب هذه الجسيمات دورا كبيرا فـــي عمليـــة النشـــاط الحيوى للفطر، وخاصة خلال مراحل تحليل المواد الغذائية ، وإعادة بنـــاء المركبـــات المعقدة داخل خلايا هيفات الفطر (شكل ١ - ٢ ، ١ - ٣) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تحتوى خلايا الفطر على فجواتٍ عصيريةٍ ، وجليكوجين ، وقطراتٍ زيتيةٍ ، ومـــواد أخـــرى توجد معلقة أو ذائبـــةٍ فى السيتوبلازم . ولا يوجـــد نشا داخل خلايـــا الفطر ، ولكن يوجـــد جليـــكوجين Glycogen (نشـــا حيوانـــى) ، وهو يشـــبه النـــشا فى تركيبـــه الكيميائى ، كما توجـــــد عديـــــد مـــن الأحمـــاض العضوية .

وتتعـــلق فى السيتوبـــلازم حبيبات صغيرة من مادة الفوليوتين volutine ؛ وهـــى عبـــارة عن أحـــماض نوويـــةٍ متحدة مع الفوســـفات ، بالإضافة إلى بعض المـــــواد العضوية الأخرى .

وتختلف خلايا الفطر عن خلايا النباتات الخضراء والطحالب - بصفة أساسية - فى عدم وجود البلاستيدات الخضراء وصبغة الأنثوســـيانين anthocyanin . وفـــى حالـــة الفطريات الملونة - مثل فطريات عيش الغراب - تحتوى الخلايا على صبغاتٍ أخرى غير ممثلةٍ للضوء ، وليس لها أى دور وظيفى فى الخلايا ، ولكنها تنتج كـــأحد نواتـــج التمثيل الغذائى الثانوية . وقد تفرز مثل هذه الصبغات خارج هيفات الفطـــر ، وتلـــون البيئة التى تنمو عليها هذه الهيفات .

وتحتوى خـــلايا الهيفات الفطـــرية على نســـبة عاليـــة مـــن الماء ، تتـــراوح بين ٦٠ و٩٠٪ ، حيث تزداد هذه النسبة فى الفطريات اللزجة وتقل فى التراكيب الفطريـــة الصلبة مثل الأجسام الحجرية . كما تتفاوت نسبة وجود العناصر المختلفة فى الخلايـــا الفطرية ، ولكن العناصر الهامة هى الكربون والنيتروجين والهيدروجين والأكســـوجين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والحديد .

ثانياً - النمو الطولي و التفرع الجانبى :

يتكون ميسليوم الفطر من هيفاتٍ متفرعةٍ تفرعا أحادى الشعبة monopodial ؛ حيث يتم التفرع على طول المحور الأصلى . وينتج من هذا التفرع المتكرر نمـــوات هيفيـــة جانبية تتوقف كثافتها على نوع الفطر والظروف المحيطة به .

ولا يتم التفرع أسفل القمة النامية للهيفا مباشرةً ، ولكن تترك – عادةً – مسافة بعد النمو القمى للمحور الأصلى للهيفا دون تفرع ، يعمل على استمرار النمو الطولى للهيفا؛ مخترقة المادة التى تنمو عليها (شكل ١ – ١) . ويتوقف معدل النمو الطولي rate of growth للفطر على مدى قدرة القمة النامية للهيفا على التمدد ، وعلى ملاءمة ظروف التغذية والبيئة المحيطة لنمو هيفات الفطر .

ويتوقف طول المسافة بين الفروع الجانبية التى تظهر على طول محور الهيفا الأصلى بمجموعةٍ من العوامل ، بعضها يرتبط بنوع الفطر ، والبعض الآخر بالعوامل الخارجية ؛ مثل تركيز الأكسوجين ووفرة العناصر الغذائية . وتتمدد هيفات الفطر نتيجة دفع البروتوبلازم المتكون ، والذى يرتبط تكوينه بمستوى التغذية .

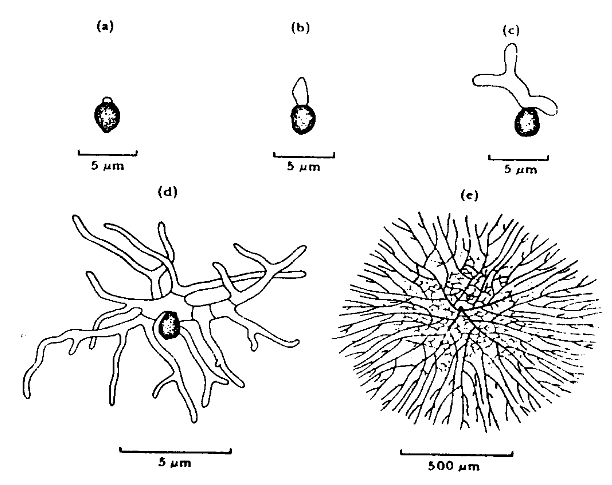
وتكون هيفات الفطر المتكونة وثيقة الاتصال بالطبقة العضوية التى تنمو عليها ؛ حيث تستمد غذاءها عن طريق الانتشار الغشائى المباشر . وتفرز هيفات الفطر مجموعة متباينة من الإنزيمات الخارجية المحللة للمواد العضوية ، تعمل على استفادة الفطر من مختلف المواد الصالحة لغذائه . كما يعمل نمو الهيفات وتفرعها على زيادة أسطح تلامسها مع المادة العضوية النامية عليها .

ويبدأ نمو الهيفات الفطرية – عادةً – كأنبوب قصير ينبثق من جرثومة أو كونيدة نابتة ؛ حيث تميل هذه الهيفات للنمو بطريقةٍ مماثلةٍ فى جميع الاتجاهات ، من نقطةٍ مركزيةٍ تمثلها الجرثومة أو الكونيدة أو أية وحدةٍ تكاثريةٍ أخرى ؛ حيث تتكون – بعد ذلك – مستعمرة كروية الشكل ، وخاصة إذا نما الفطر فى بيئةٍ سائلةٍ (شكل ١ – ٧) .

وعند نمو هذه الهيفات الفطرية على سطح بيئةٍ صلبةٍ ، فإنها تنمو – أيضاً – فى جميع الاتجاهات على ثلاثة مستوياتٍ ، مكونة مستعمرةً ذات شكلٍ محدبٍ . وينمو على سطح المستعمرة هيفات هوائية aerial hyphae ، بينما تخترق بقية الهيفات المادة العضوية التى ينمو عليه الفطر . وتساعد الإنزيمات المحللة التى تفرزها هيفات الفطر على اختراقها للمواد العضوية الصلبة التى تنمو عليها ؛ حيث تعتمد قدرة الهيفات الفطرية على اختراق مثل هذه المواد العضوية على مدى التهوية المتاحة .

وتظهر على المحيط الخارجي للمستعمرة الفطرية أطراف القمم النامية لهيفات الفطر وفروعها الجانبية ؛ حيث تنمو المحاور الرئيسية لهذه الهيفات بطريقةٍ متوازيةٍ ، بينما تتداخل الفريعات الجانبية بعضها مع بعض مكونة شكلاً شبكيًّا . وتتركز في مركز المستعمرة أقدم هيفات الفطر عمراً ؛ حيث تظهر عليها التراكيب الفطرية الحاملة للوحدات التكاثرية .

وتؤثر ظروف التغذية على طبيعة نمو هيفات الفطر وتكوينها للفروع الجانبية ؛ فعلى سبيل المثال إذا كانت البيئة التى ينمو عليها الفطر فقيرةً غذائياً ، اختزلت النموات الجانبية ، وانحصر النمو الهيفى فى تكوين الهيفات الأساسية المحورية التى تنمو بسرعةٍ باحثة عن مناطق أخرى قد تكون أكثر وفرةً فى مادتها الغذائية ؛ وهذا يجعل الفطر أكثر قدرةً على النمو متخطيًّا ظروف قلة الغذاء .



شكل (١ - ٧) : تطور تكوين مستعمرة فطريةٍ من جرثومة وحيدةٍ .

(a) بداية إنبات الجرثومة .
(b) ظهور أنبوب الإنبات .
(c) تفرع أنبوب الإنبات .
(d) تكوين هيفات متفرعةٍ ومقسمةٍ .
(e) مستعمرة فطرية دائرية النمو ذات هيفاتٍ متشابكة .

ويكون الغزل الفطرى (الميسليوم mycelium) أثناء نموه أشكالا مختلفة من الأنسجة الفطرية plectenchyma ؛ حيث تتكون هذه الأنسجة الفطرية – عادةً – من هيفات مفككةٍ متوازيةٍ يسهل تمييز بعضها من بعض ، يطلق عليها اسم النسيج البروزنشيمى prosenchyma ، بينما تكون بعض الفطريات أنسجة فطرية مندمجة تتكون من هيفاتٍ فقدت فرديتها ولا يمكن التمييز بينها ، وتسمى بالنسيج البارانشيمى الكاذب pseudoparenchyma كما فى أنسجة فطريات عيش الغراب .

وفى بعض الفطريات يختزل النمو الميسليومى ولا تتكون هيفات فطرية ، بل يكون الفطر خلايا منفردةً وحيدةً صغيرة الحجم ، تنقسم مكونة وحداتٍ أخرى تبقى على الخلية الأم لفترةٍ ، ثم تتحرر بعد ذلك ، أو يتم الانقسام والتحرر فى نفس الوقت .

ومن أمثلة هذه الفطريات الخمائر yeasts ؛ حيث تنمو خلية الخميرة حتى تصل إلى أقصى حجم لها ، ثم تنقسم بعد ذلك . وهناك طريقتان لانقسام خلايا الخميرة : الأولى فى حالة الخمائر المنقسمة fission yeasts ؛ حيث تنقسم الخلية التامة النمو إلى خليتين متشابهتين فى الشكل والحجم ، ثم تنمو الخلايا المنقسمة بعد ذلك ، وتعاود الانقسام بعد استكمال نموها ... وهكذا، مادامت هناك وفرة فى المواد الغذائية (شكل ١ – ٨).

ويتضاعف عدد أفراد عشيرة الخميرة المنقسمة مع الوقت ، وخاصة أن الوقت اللازم للانقسام والتضاعف قليل نسبيًا ، لا يتجاوز ٢٠ دقيقة ؛ وذلك عند الظروف المناسبة . وعلى الرغم من صغر حجم هذه الخميرة ، إلا أن الكتلة الحيوية النهائية الناتجة عن الانقسام تكون هائلة .

وفى الطريقة الثانية ، تتبرعم خلايا الخميرة budding عند نقطةٍ من جدارها الخلوى، وتستمر الخلية المتبرعمة متصلة بالخلية الأم . وعندما تصل الخلية البرعمية إلى الحجم الحرج فإنها تنفصل عن الخلية الأم ، وتبدأ هى الأخرى فى التبرعم ... وهكذا (شكل ١ – ٨) .

وقد تتبرعم خلية الخميرة من أكثر من نقطةٍ على سطح الخلية فى وقتٍ واحدٍ ، وأيضاً قد تتبرعم الخلية البرعمية قبل انفصالها عن الخلية الأم ؛ وبذلك تتكون كتل من سلاسل من خلايا الخميرة المتبرعمة ؛ وهذا يؤدى إلى تضاعف قدرة الخميرة على التكاثر ، وتكوين أفرادٍ جديدة .

ثالثاً - التكاثر Reproduction :

بعد أن يمضى الفطر فترةٍ من نموه الميسليومى ، فإنه يبدأ فـــى تكويـــن وحـــدات تكاثريةٍ متخصصةٍ ، يطلق عليها – عادة – اسم " جراثيـــم spores " . وتتيـــح هـــذه الوحـــدات الانتشار السريـــع للفطر إلى أماكن أخـــرى قريبةٍ من مكان نموه ، أو بعيدةٍ كل البعـــد عنها . كما تساعـــد هذه الوحدات الفطـــرية على الاحتفاظ بحيوية الفطر – خاصـــة تحت الظـــروف السيئة – لفتراتٍ طويلـــةٍ قد تصل إلى عـــدة سنواتٍ .

ويهدف الفطـــر – من تكوين هـــذه الوحداتِ التكاثرية – إلى تكوين أفرادٍ جديـــدةٍ تحتفظ بجميع خصائص النوع . وتتكوّن هذه الوحدات التكاثـــرية بطريقتين : جنســـيةٍ أو لاجنســـية ، ويتميز التكاثـــر الجنسى باندماج أنويةٍ أو خلايا أو أعضـــاءٍ جنســـية ، بينما لا يتضمن التكاثر اللاجنسى ذلك .

١ – التكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction :

يشمل هذا النوع من التكاثر أية طريقةٍ يتبعها الفطر للتكاثر لإنتـــاج أفـــرادٍ جديـــدةٍ متطابقةٍ وراثيا مع الميسليوم الفطرى المكون لها ؛ مثل تفتت هيفـــات الفطـــر مكونـــة جراثيـــم مفصليـــة arthrospores ، أو أويـــدات oidia ، أو جراثيـــم كلاميديـــةٍ chlamydospores ، أو انشقاق الخلايا الجسدية أو تبرعمها كمـــا هـــى الحـــال فـــى الخمائـــر . وبالإضافة إلى ما سبق ، يعتبر تكويـــن الجراثيـــم – خاصـــة الكونيديـــة conidia – هى أكثر طرق التكاثر اللاجنسى شيوعا بين الفطريات .

وتتفاوت الجـــراثيم اللاجنسية ؛ من حيث اللـــون ، والحجـــم ، والشكـــل ، وعـــدد الخلايـــا ، والطريقـــة التى تتكون بها ؛ بدرجةٍ كبيرةٍ تجعل من دراســـة مثـــل هـــذه الجراثيم علماً قائماً بذاته ، يُعتمد عليه فى تصنيف هذه الفطريات وتعريفها .

وقد تتكون هذه الجراثيم داخل حوافظ جرثومية (أكياس أسبورانجية sporangia) ، وتعرف حينئذٍ باسم الجراثيـــم الأسبورانجية sporangiospores (شكـــل ١ – ١٠) ، أو تتكون الجراثيم على أطراف أو جوانب هيفاتٍ فطريةٍ متخصصةٍ تحمـــل عليـــها ، وتعرف حينئذٍ باسم " الكونيديا conidia " (شكل ١ – ١١) .

وتشبه الحافظة الجرثومية شكل الكيس ؛ حيث تتحول جميع محتوياتها الداخليـــة – عادةً – إلى عدة جـراثيم ، قد تكون متحركة (جراثيـــم ســابحة zoospores) ، أو تكون غير متحركةٍ (جراثيم ساكنة aplanospores) .

وتزود الجراثيم السابحة بسوطٍ واحدٍ أو سوطين flagella ، ويوجــد علــى الأقــل طرازان من الأسواط فى الفطريـــات ، الكربــاجى whiplash ، والبــهرجانى tinsel الطراز . وينقسم السوط الكرباجى إلى جزأين ، يكون القاعدى منهما صلبا وأكثر طولا من الجزء الطرفى ، أما السوط البهرجانى فإنه يتكون من محورٍ ريشىٍّ طويلٍ يظـــهر على امتداد محوره بروزات جانبية تشبه الشعر (٣ – ١١) .

ويطلق على الأكياس المحتوية على مثل هذه الجراثيم السابحة اسم zoosporongia؛ بحيث تتحـــرر الجراثيم من فتحةٍ خاصةٍ فى قمة الكيس ، ثم تسبح لفترةٍ ، وبعد ذلـــك تفقد أهـــدابها أو تسحبها إلى داخـــل سيتوبلازم الجرثـــومة . ويتكون جـــدار صلـــب حول الخلية الساكنة العادية ، وبعد ذلك بفترةٍ تنبت الجـــراثيم معطيـــة أنبـــوب إنبـــات قصيراً germ tube (شكل ١ – ٩) .

وعلى أية حال ، تتشابه الجراثيم الهدبية المتحركة والجراثيم الإسبورانجية والكونيديا فى كونها تحتوى على جزءٍ من سيتوبلازم الآباء parent s cytoplasm ، وأيضاً على أنويةٍ تحمل نفس الصفات الوراثية الأبوية ؛ وبالتالى فإنه عندما تنمو واحدة مـــن هـــذه التراكيب اللاجنسية الفطريـــة ، فإنها تعطى ميسليوماً متطابقاً وراثيًّـــا مـــع ميســـليوم الآباء parent mycelium .

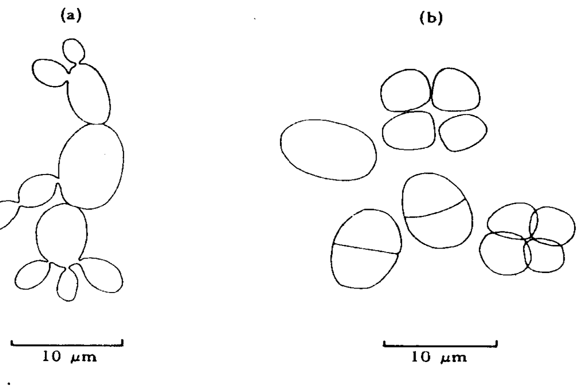
وتعمل هذه الوحدات الفطرية على الانتشار السريع للفطر إلى أماكن أخرى جديدة ؛ حاملة معها نفس صفات الآبـــاء دون أى تغيير . كمـــا أن هـــذه الوحـــدات الفطريـــة الصغيرة تتميز بعمرها القصير ؛ الذى قد يصل إلى عدة ساعاتٍ فقـــط ، بعدهـــا تفقـــد حيويتها وتفشل فى الإنبات . ويرجع ذلك إلى احتوائها على مخزونٍ غذائىٍّ قليـــل ، بالإضافة إلى حساسيتها للعوامل المعاكسة التى تؤثر على حيويتها ؛ نظراً لرقة جدارها الخلوى .

ومن الناحية الإحصائية ، فإن فرصة وصول وحدةٍ فطريةٍ لاجنسيةٍ إلى مكانٍ ملائم للإنبات وتكوين مستعمرةٍ فطرية جديدةٍ هى فرصة ضئيلة للغاية ؛ وهذا يفسر تكويـــن الفطر أعداداً هائلة من هذه الوحدات الفطرية اللاجنسية ؛ حيث تتيـــح هـــذه الأعـــداد

اللانهائية الفرصة لبعض هذه الوحدات للوصول إلى البيئة المناسبة ؛ منتجة ميسليوما يحمل وحدات أخرى جديدة ، بينما تهلك معظم الوحدات الفطرية اللاجنسية الأخرى .

وعلى الرغم من مميزات التكاثر اللاجنسى التى سبقت الإشارة إليها ، إلا أنه يعيبها تكوين أفراد جديدة تحمل نفس الصفات القديمة ؛ فهى نسخ مكررة من الاباء ، تحمل نفس سلوكها بماله وما عليه ، دون تطور ولا تغير مع ظروف البيئة الدائمة التباين .

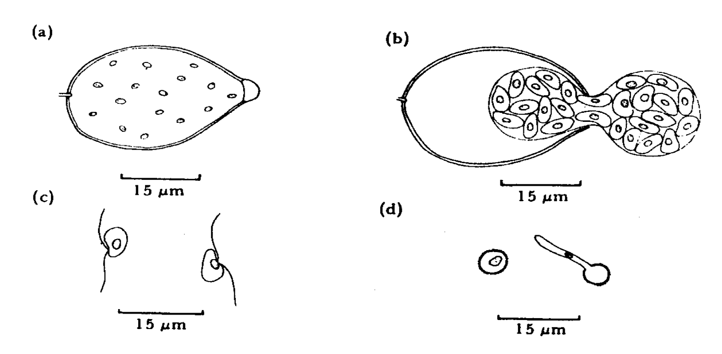
إن الأفراد الناتجة من التكاثر اللاجنسى أفراد نمطية غبية ، تعيش وسط ظروف قاسية وأعداء طبيعية لا ترحم ، فإذا استمرت هذه الأفراد فى التكاثر لاجنسيا لفترة طويلة انقرضت ، وأصبحت ذكرى قد تحملها إلينا حفرية فطرية قديمة .



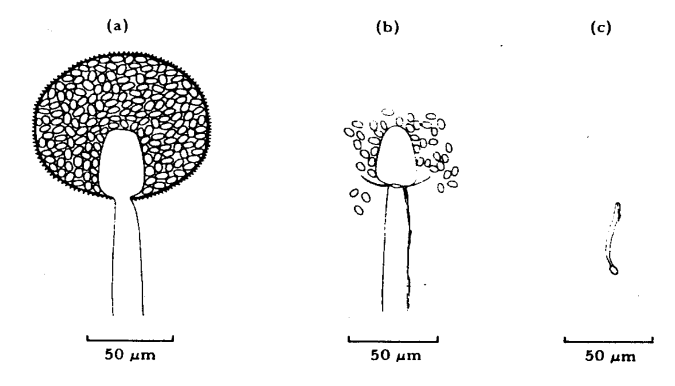
شكل (١ – ٨) : طريقتان لانقسام خلايا الخميرة .

(a) : التبرعم فى خميرة *Saccharomyces* . (b) : الانقسام الثنائى فى خميرة *Schizosaccharomyces* .

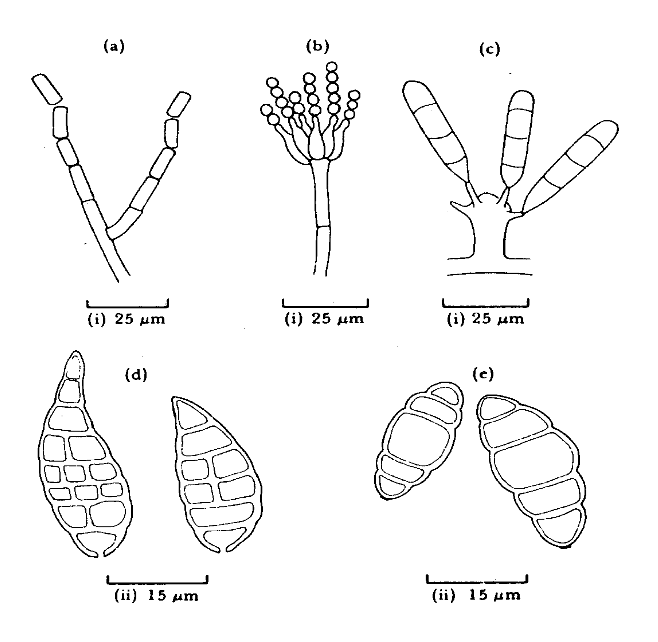
وقد تلجأ بعض الفطريات إلى تكوين طفرات ، فى محاولة منها لتغيير بعض صفاتها ، ولكن من الذى يضمن أن مثل هذه الطفرات تحمل صفات جيدة ؟ ، بل على العكس من ذلك ، فإن معظم هذه الطفرات تكون سيئة ، وتعجل بانقراض مثل هذه الأنواع الفطرية السيئة الحظ .



شكل (١ - ٩) : الأكيـــاس المحتويــــة على الجراثيم الهدبية السابحة zoosporangia فى الفطر *Phytophthora* .
(a) : كيس متعدد الأنوية .　　(b) : ظهور الجراثيم الهدبية وحيدة النواة.
(c) : جراثيم هدبية ذات سوطين.　　(d) : جرثومة متحوصلة وأخرى نابتة .



شكل (١ - ١٠) : كيس أسبورانجى للفطر *Mucor* .
(a) : كيس أسبورانجى يحـــتوى على جراثيم أســـبورانجية غـــير متحـــركـــة
(b) : تحرر الجراثيم الأسبورانجية .　　(c) : إنبات جرثومة أسبورانجية .



شكل (١ - ١١) : كونيديات وحوامل كونيدية لبعض الفطريات الناقصة.
(a) : *Geotrichum* . (b) : *Penicillium* .
(c) : *Dactylaria* . (d) : *Alternaria* .
(e) : *Curvularia* .

ليس هذا فقط ، بل إن بعض الطفرات العشوائية تحملها الأجيال التالية ، وتورثها أحفادها التى لا تستطيع التخلص منها ، اللهم إلا إذا عكست هذه الطفرة بطفرة أخرى على نفس الجين ، وهذا أمر بعيد الاحتمال . وهكذا - ومع مرور الوقت - تظهر أخطاء طفرية أخرى تشوه الصفات الوراثية للأجيال التالية .

ولقد وجدت الفطريات فى التكاثر الجنسى حلا نموذجيا لهذه المشكلة الحيوية الهامة التى تهدد بقاءها ؛ فالتكاثر الجنسى شئ رائع ، يتم خلاله التطهر من الطفرات

السيئة ؛ وذلك عن طريق تمريرها إلى بعض الأفراد دون الأخرى . ويساعد التكاثر الجنسى على تطور الفطريات ، وزيادة قدرتها على مواجهة تحديات البيئة والظروف الصعبة التى تواجهها .

٣ - التكاثر الجنسى Sexual Reproduction :

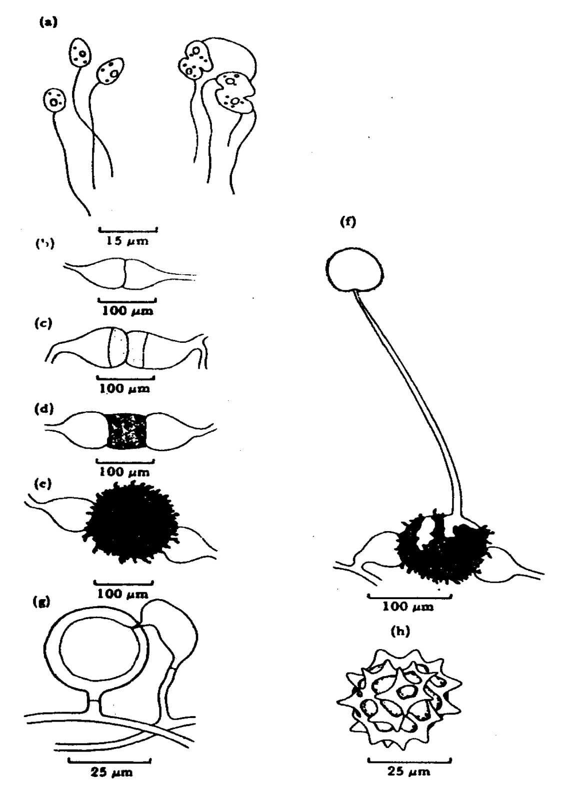
إن التعفف عن الجنس فى الفطريات شئ غير مرغوبٍ فيه ؛ فهو سلوك عارض ضد التطور ، ونحن نعتبر أن الفطريات التى لا يظهر لها سلوك جنسى فى تكاثرها ينقصها شئ هام ؛ لذا نطلق عليها اسم " الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti " ، وإن كانت هذه الفطريات تسلك سلوكاً يتم خلاله نقل جزءٍ من المادة الوراثية من فردٍ إلى أخر بطرقٍ مختلفة .

ويعمل التكاثر اللاجنسى الذائع الصيت فى الفطريات على إثقالها بتحمل وزر أخطاءٍ وراثيةٍ عديدةٍ ؛ حتى لتعجز بعض أفرادها عن الاستمرار على قيد الحياة . وقد لا تستطيع بعض الأفراد الأخرى من هذه الفطريات الاستمرار فى السباق التطورى مع اقرانها المتكاثرة جنسيًّا ؛ وبذلك تؤدى عزوبية الفطريات إلى أن تشيخ سلالاتها وتهرم، ثم تنقرض وتصبح نسياً منسيًّا .

ويعتبر التكاثر الجنسى فى الفطريات وسيلة ملائمة لتجميع الأفضل ، والتخلص من الأسوأ ، وهو نوع من تخلص الخلف من أخطاء السلف ، إنه نافورة الصبا السرمدى للجينات التى تحملها الأفراد الفطرية ، متحدية بها الزمن والأعداء الطبيعية والظروف السيئة .

ويتضمن التكاثر الجنسى فى الفطريات اندماج نواتين متآلفتين compatible nuclei وذلك خلال ثلاثة أطوارٍ مميزةٍ ؛ هى : الاقتران البلازمى plasmogamy ، يليه الاقتران النووى karyogamy ، ثم يتبع ذلك انقسام النواة الناتجة عن الاندماج انقساماً اختزاليًّا meiosis .

ويعمل الاقتران البلازمى على الجمع بين نواتين أحاديتى المجموعة الصبغية فى خلية واحدةٍ ؛ حيث يؤدى الاقتران النووى إلى اندماجهما فى نواةٍ لقاحيةٍ واحدةٍ ثنائية المجموعة الصبغية ، ثم يعمل الانقسام الاختزالى إلى إعادة حالة أحادية المجموعة الصبغية فى الأربع نويات الناتجة عنه .



شكل (١ - ١٢) : بعض نماذج التكاثر الجنسى فى الفطريات ذات الميسليوم غير المقسم .

a   - اتحاد جاميطتين متحركتين بأسواط .

b - e - اتحاد جاميطات غير متحركة من نفس الحجم فـى الفطـر *Mucor* ، وتكوين جرثومة زيجية سميكة الجدار .

f   - إنبات الجرثومة الزيجية مكونة كيسا أسبورانجيا .

g   - اتحاد جاميطات متباينة فى الشكل والحجم فى الفطر *Pythium* .

h   - جـرثومة بيضية سمكية الجدار ناتجة من اتحاد الجاميطـة المذكـرة والجاميطة المؤنثة للفطر *Pythium* .

وتنتقل الأنوية الجنسية sexual nuclei بعضها إلى بعض بطـــرق مختلفـــة ؛ فقـــد تـــحمل فى خلايا متحركة motile cells ، وقد تكون إحدى الخلايا متحركة ، والأخرى غير متحركة ، أو تكون كلتا الخليتين غير متحركتين ، وتظـــلان ملتصقتيـــن بـــهيفات الفطر .

وقد يكون مصدر هذه الأنوية نفس الميسليوم (homothalic mycelium) ، وقـــد يكون مصدر كل نواة ميسليوما مختلفا (heterothalic mycelium) . وفـــى بعـــض الحالات يمكن تمييز الخلايا الجنسية إلى خـــلايا ذكرية وأخرى أنثويـــة ، بينمـــا فـــى حالات أخرى تتشابه هذه الخلايا الجنسية (الجاميطات) . وربمـــا لا تتكـــون خلايـــا جنسية على وجه الإطلاق ، ويتم التكاثر الجنسى عن طريق اتحاد نواتيـــن مختلفتيـــن وراثيـــا فى خلية الميسليوم الثنائى الأنوية .

وتعتبـــر الجنسية فى الفطريـــات أمـــورا نسبية مرنـــة ؛ ليســـت مبرمجـــة علـــى الصورة التى نتخيلها نحن البشر ؛ ففى أرقى الفطريات (عيش الغراب) لا تشاهد تلك التراكيب الجنسية (الجاميطات) ، والتى تشاهد - عادة - فى غيرها من الفطريـــات الأخرى .

ولولا التكاثـــر الجنسى لما حدث التطور ، ولما كان علم الوراثة والهندسة الوراثية، ولما حافظت الفطريات على أفرادها وسط هذا الصراع الهائل والمنافسة المدمرة بيـــن الكائنات الحية بعضها البعض ، وبينها وبين عوامل البيئة من حولها .

رابعا - جراثيم الانتشار والجراثيم المتحملة للظروف السيئة :

تكون الفطريات جراثيم متعـــددة الأغراض ، بعضها ينتج بغرض المحافظة علـــى حيوية الفطر متحملة الظروف البيئية السيئة ، بينما تعمل أنواع أخرى من الجراثيم على انتشار الفطر من مكان نموه إلى أماكن أخرى قد تكون أوفـــر غـــذاء أو أفضـــل فـــى ظروفها البيئية ، أو أقل أعداء طبيعية .

ويطلق على الجراثيم التى تكونها الفطريات بغرض الانتشار اســـم xenospores ، بينما تسمى الجـــراثيم المتحملـــة للظروف السيئة ؛ محتفظة بحيويتها لفترة طويلـــة ، اسم memnospores (Dix & Webster, 1995) . ويعتـــبر هـــذا التقســـيم تقســـيما وظيفـــيا ؛ حيث يمكن لهـــذه الجراثيم أن تتكون عـــن طريـــق التكـــاثر الجنســـى أو اللاجنسى للفطريات .

وتتميز جراثيم الانتشار xenospores بكونها خفيفة الوزن ، رقيقة الجدر . أما الجراثيم المتحملة للظروف السيئة memnospores فهى سميكة الجدر ، كبيرة الحجم ، ذات محتوى عالٍ من المواد الغذائية الزيتية المدخرة .

وقد يكّون ميسليوم الفطر نوعاً واحداً أو أكثر من جراثيم الانتشار ، وخاصة إذا اختلفت وسيلة انتشار كل نوع من هذه الجراثيم المتكونة ؛ حيث يعمل ذلك على زيادة فرصة الفطر فى نشر وحداته الفطرية إلى مناطق أخرى وبيئاتٍ جديدة .

كما يمكن لميسليوم الفطر إنتاج جراثيم انتشار خلال فترة نموه ، فإذا ساءت الظروف البيئية أو شح الغذاء كّون الفطر جراثيمه المتحملة للظروف السيئة . ويطلق على ظاهرة تكوين أنواع مختلفة من جراثيم الفطر على نفس الميسليوم اسم " pleomorphism " .

١ – جراثيم الانتشار Xenospores :

تختلف طريقة تكوين هذه الجراثيم من فطر إلى آخر ؛ فقد تكون هذه الجراثيم لاجنسية ؛ مثل : الكونيديات conidia ، والجراثيم الإسبورانجية sporangiospores، والجراثيم الهدبية zoospores ، وقد تكون جراثيم جنسية ؛ مثل الجراثيم البازيدية basidiospores .

وتتحرر هذه الجراثيم سلبيًا ؛ حيث تنفصل عن حواملها عندما يستكمل تكوينها وتنضج ، وتحملها الرياح أو مياه الرى أو الحشرات إلى أماكن أخرى ، وقد تقذف جراثيم الانتشار بقوة تبعاً لآليةٍ معينةٍ ؛ كما هى الحال فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* ، أو فطر المدفعية الفطرية *Sphaerobolus* .

وتعتمد جراثيم الانتشار – فى انتشارها البعيد المدى – على غيرها من الكائنات الحية ، أو على عوامل غير حيةٍ كالرياح والأمطار . وتعمل هذه العوامل غير الحية على زيادة انتشار الوحدات الفطرية إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن منشأ المستعمرة الفطرية ، وقد تصل – فى بعض الحالات – إلى الآف الكيلومترات ؛ كما هى الحال فى انتشار الجراثيم اليوريدية لفطريات الأصداء .

وتحمل جراثيم الانتشار – عادةً – مخزونا محدودا من الغذاء المدخـر ، وتعتمد قدرتها فى استكمال نموها على حصولها – بعد ذلك – على مددٍ غذائيّ من الوسط الذى تنمو فيه .

٣ – الجراثيم المتحملة للظروف السيئة Memnospores :

تتميز هذه الجراثيم – وغيرها من التراكيب الفطرية المشابهة – بقدرتها على البقاء حية فى مكان تكوينها ، متحملة الظروف السيئة التى يمر بها الفطر . وتعتبر الجراثيم الكلاميدية chlamydospores من التراكيب الفطرية الشائعة التى تكونها الفطريات ذات الميسليوم المقسم .

وقد تتكون الجراثيم الكلاميدية داخل كونيديات بعض الفطريات ؛ كما هى الحال فى الأنواع التابعة للجنس *Fusarium* والفطر *Mycocentrospora acerina* ، حيث تتكون هذه الجراثيم تحت الظروف السيئة غير المناسبة لإنبات كونيديات الفطر .

ومن ناحية أخرى ، يمكن اعتبار بعض الجراثيم الجنسية ذات الجدر السميكة ، والتى تكونها الفطريات – مثل الجراثيم البيضية oospores والجراثيم الزيجية zygospores – من الجراثيم المتحملة للظروف السيئة memnospores .

وعلى الرغم من سمك الجدر الخلوية لهذه الجراثيم ، فإن بعض هذه الجراثيم تفقد حيويتها بعد فترةٍ ؛ وذلك لأن الغذاء المدخر يكون – عادةً – غير كافٍ لإمداد الجراثيم باحتياجاتها الغذائية لفترةٍ طويلةٍ ، تتعرض خلالها للظروف السيئة والمواد المضادة للحيوية التى تفرزها الكائنات الحية الأخرى الموجودة حولها .

كما أن بعض هذه الجراثيم تفشل فى استكمال مراحل الإنبات ؛ وذلك لوقوعها فى منافسةٍ شديدة على العناصر الغذائية الخارجية مع عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى حولها ؛ حيث يثبط ذلك إنبات هذه الجراثيم .

وتفقد الجراثيم المتحملة للظروف السيئة جزءًا من غذائها المدخر عن طريق تنفسها البطئ ، وكلما زادت فترة بقائها دون إنباتٍ استُهلِك جزء كبير من هذا الغذاء المدخر ،

حتى تصل إلى مرحلة لا يكفى ما تحتويه من مادة غذائية إلى إنباتها وتكوين أنبوب إنبات . كما أن الغشاء السيتوبلازمى لهذه الجراثيم يكون أكثر تأثراً بالظروف السيئة المحيطة به كلما تقدمت فى العمر .

ولقد لوحظ انخفاض التمثيل الغذائى فى الجراثيم المتقدمة فى العمر ؛ حيث يؤدى ذلك إلى تشجيع الإنزيمات المحللة لمحتويات هذه الجراثيم ذاتيًا ، وفى هذه المرحلة تصبح مثل هذه الجراثيم المسنة أكثر تأثراً بالإنزيمات والتوكسينات التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التى تنمو معها فى نفس الوسط .

ومن العوامل الأخرى – التى تعمل على فقد هذه الجراثيم – تغذية بعض الحيوانات الصغيرة fungivorous animals عليها ؛ حيث تتعرض الجراثيم للعصاره المعدية القوية داخل القناة الهضمية لهذه الحيوانات . ومن أمثلة الحيوانات المتغذية على جراثيم الفطريات الحلم والنيماتودا ، بالإضافة إلى بعض الأوليات مثل الأميبا والبروتوزوا .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تعمل عديد من الكائنب الحية الدقيقة على تحليل الجراثيم الفطرية المتحملة للظروف السيئة Memnospores ؛ مثل البكتيريا والفطريات المتطفلة والأكتينومايسيتات . ولقد وجد أثناء عزل بعض الجراثيم البيضية للأنواع التابعة للجنس *Pythium* و *Phytophthora* من التربة ، أن نسبة كبيرة من هذه الجراثيم كانت ميتة بفعل بعض فطريات التربة المتطفلة ، بالإضافة إلى عديدٍ من أنواع البكتيريا والأكتينومايسيتات (Sneh et al., 1977) .

٣ – الأجسام الحجرية Sclerotia :

تعتبر الأجسام الحجرية أحد التراكيب الفطرية المتحملة للظروف البيئية السيئة ، والتى تكونها عديد من الفطريات التابعة لطوائف الفطريات الأسكية والبازيدية والناقصة . وتتكون هذه الأجسام الحجرية بطرقٍ مختلفةٍ ، فقد تتكون من هيفات وحيدةٍ أو من عديدٍ من الهيفات المتجمعةِ حول نفسها .

وتتميز الأجسام الحجرية بأنها تراكيب صلبة دائمة التكوين ، تختلف فى شكلها وحجمها تبعاً لنوع الفطر المكون لها . وتُظهر هذه الأجسام الحجرية نوعاً من

التخصص فى التركيب ؛ حيث تكون فى بعض الحالات قشرةٌ خارجية داكنة اللـــون ، تتكون من عدة طبقاتٍ مندمجةٍ ، ذات لونٍ داكنٍ .

وخلال نضج الجسم الحجرى يفقد هذا الجسم جزءاً من محتوياتـــه المائيـــة ، كمـــا تتراكم داخله بعـــض المـــواد الغذائيـــة المدخـــرة ؛ مثـــل الجليكوجيـــن glycogen ، والترايهالوز trehalose ، وغيرها . وتنبت الأجسام الحجرية تحت الظروف المواتية ؛ منتجة ميسليوماً جديداً ، بينما ينتج عن إنبات الأجسام الحجريـــة لبعـــض الفطريـــات الأخرى تراكيب تناسلية .

ويمكن للأجسام الحجرية البقاء محتفظةً بحيويتها لعدة سنواتٍ ، أكثر من غيرها من التراكيب الفطرية الأخـــرى ؛ فعلى ســـبيل المثال ، تبـــقى الأجـــسام الحجـــرية للأنـــواع التابعـــة للجنس *Verticillium* حـــية فى التربـــة لمـــدةٍ تزيـــد عـــلى ١٤ سنة (Sussman, 1973) .

وتعتبر درجة الحرارة المنخفضة وارتفاع الرطوبة من العوامل غير المناسبة لبقـــاء الأجـــسام الحجـــرية على قيد الحياة لفترةٍ طويلةٍ ، كما تلعب بعض الأحيـــاء الدقيقـــة دوراً فعالاً فـــى فقـــد الأجســـام الحجريـــة لحيويتـــها ؛ مثـــل الفطريـــات المتطفلـــة والأكتينوميسيتات .

ويؤثر وجود نسبةٍ عاليةٍ من المواد العضوية فى التربـــة علـــى حيويـــة الأجســـام الحجرية ؛ حيث تشجع هذه المواد العضوية نشاط الكائنات الحية الدقيقـــة حـــول هـــذه الأجسام الحجرية . وتعتـــبر إضافة المخلفات العضوية المتحللة إلـــى التربـــة إحـــدى وسائل خفض فعالية الأجسام الحجرية للفطريات الممرضة للنبات .

وتحتوى بعض الأجسام الحجرية على مضاداتٍ حيويةٍ ؛ تكون فعالة ضـــد نشـــاط الأحياء الدقيقة فى التربة حول هذه الأجسام الحجرية ؛ مما يقلل من فعالية هذه الأحياء الدقيقة فى تثبيط حيـــوية الأجسام الحجرية . وعلى ســـبيل المثـــال اكتشـــف المضـــاد الحيوى بيرون Pyron المضاد لنمو البكتيريا ، والذى تفرزه الأجسام الحجرية للفطـــر *Rhizoctonia tuliparum* (Gladders & Coley - Smith, 1978) .

وتتكون التراكيب الفطرية المتحملة للظروف السيئة (مثل الجراثيـــم الكلاميديـــة ، والأجسام الحجرية) تحت الظروف غير المناسبة ؛ كنقص الغذاء ، وانخفـــاض نســـبة الكربون إلى النتروجين فى المادة الغذائية التى ينمو عليها الفطر .

ومعظم التراكيب الفطرية السابقة داكنة اللون ؛ ويرجع ذلك إلـــى ترسيب مــادة الميلانين فى جدارها الخلوى ، ويبدو أن ذلك يعمل على زيادة قدرة هذه التراكيب على البقاء محتفظة بحيويتها لفترة طويلة تحت الظروف البيئية السيئة .

خامساً ـ المراجع References :

Ainsworth, G. C. (1973) . Introduction and keys to higher taxa. In The Fungi : An Advanced Treatise. IVB. (Ainsworth, G. C. ; Sparrow, F. K. and Sussman, A. S., ed pp. 1 - 7 Academic Press, London and New York .

Bartnicki-Garcia, S. (1968) . Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. Ann. Rev. Microbiol. 22 : 87 - 108 .

Burnett, J. H. (1976) . Fundamentals of mycology, 2nd edition, 673 pp. Edward Arnold, London .

Dix, N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology. Chapman & Hall Pub. Cambridge, England .

Gladders, P. and H. J. R. Coley-Smith (1978) . Interactions between *Rhizoctonia tuliparum* and soil microorganisms. Ann. Appl. Biol. 89 : 131 .

Gooday, G. W. (1995) . The dynamics of hyphal growth. Mycol. Res. 99(4) : 385 - 394 .

Grove, S. M. and C. E. Bracker (1970) . Protoplasmic organization of hyphal tips among fungi : vesicles and spitzen korper. Journal of Bacteriology, 104 : 989 - 1009 .

Hawksworth, D. L. ; R. C. Sutton and G. C. Ainsworth (1983) . Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi, 7th edition, 412 pp. Commonwealth mycological institute, Kew .

Hudson, H. J. (1986) . Fungal biology. Fungi as organisms, pp. 1 - 45. Edward Arnold, London.

Sneh, B. ; S. J. Humble and J. L. Lockwood (1977) . Parasitism of oospores of *Phytopthora megasperma* var. *sojae* , *P. cactorum* , *Pythium* spp. and *Aphanomyces euteiches* in soil by oomycetes, chytridiomycetes, Hyphomycetes, Actinomycetes and bacteria. Phytopathology, 67 : 622 - 628 .

Sussman, A. S. (1973) . Longevity and survivability of fungi. in The Fungi : An advanced treatise, vol III (eds G. C. Ainsworth and A. S. Sussman) . Academic Press, London, pp. 447 - 476 .

Webster, J. (1980) . Introduction to fungi. 2nd edition, 669 pp. Cambridge University Press, Cambridge .



الباب الثانى



الفطريات الحفرية

الباب الثانى
الفطريات الحفرية والحفريات الفطرية
Fossil Fungi & Fungal Fossils

مقدمة :

من الأسئلة التى لم تجد جوابا حتى الآن ، وربما لن تجد جوابا شافياً على وجه الإطلاق : متى نشأت الفطريات ؟ وكيف نشأت وتطورت إلى ما نراه الآن من أجناس وأنواع شتى لا حصر لها ؟ .

ولقد صادف علماء الطبيعة ، والمهتمين بدراسة رواسب العصور القديمة ، وما فيها من حفريات لأحياء بائدة بعض بقايا لفطريات حفرية Fossil fungi موجودة فى رواسب متناثرة ، يطلق عليها اسم الحفريات الفطرية Fungal fossils. وكانت هذه الحفريات قليلة ، بحيث كان من الصعب الوصول إلى أية استنتاجات محددة خاصة بنشأة الفطريات ، عند دراسة مثل هذه الحفريات .

وعلى أى حال ، يفترض بعض المشتغلين بعلم دراسة الفطريات الحفرية Palaeomycology ، أن نشأة الفطريات مائية ، من طحالب خضراء بدائية فقدت مادة الكلوروفيل تحت ظروف غير معلومة ، بينما يعتقد آخرون نشأة الفطريات من مجاميع طحلبية مائية متعددة ، بل إن هناك من يعتقدون فى المنشأ الحيوانى الأولى (البروتوزى) الوحيد أو المتعدد ؛ وأيضاً تتباين الآراء فى كيفية تطور هذه الفطريات البدائية .

ويعتبر علماء الأحياء أن الوسط المائى بوجه عام أكثر بدائية من الوسط الأرضى، وتمشياً مع هذا المبدأ ، فإن الفطريات بدأت مائية . ويمكن اعتبار الفطريات التى مازالت منتجة لتراكيب متحركة مثل الجراثيم الهدبية السابحة zoospores والجاميطات

السابحة planogametes ، وكذلك الفطريات التى تعتمد على الماء فى وظائفها ودورة حياتها أكثر بدائية من الأنواع التى لا تكوّن تراكيب متحركة ، ويقصد بها الفطريات الأرضية terrestrial fungi .

كما يمكن اعتبار الفطريات المتطفلة parasites أكثر رقيًّا من المترممة saprophytes ، والمتطفلات إجباريا أكثر رقيا من الاختيارية ، والطفيليات الأكثر تخصصا أكثر رقيا من تلك الأقل تخصصا ... وهكذا . أى إن تطور الفطريات يسير فى اتجاه النمو الأرضى وتعقد التراكيب الفطرية وتخصص التغذية .

أولاً - الحفريات الفطرية :

تعتبر الحفريات الفطرية Fungal fossils والفطريات الحفرية Fossil fungi من أكثر الموضوعات المثيرة للجدل العلمى فى عالم الفطريات، حيث يرجع تاريخ بعض هذه الحفريات إلى فجر التاريخ ، مع بداية ظهور الحياة فى المحيط الأعظم ، ثم بداية تطورها مع ظهور النباتات الأولية على الأرض .

ولقد وضعت بعض النظريات التقليدية كدراسات لمقارنة الفطريات الحفرية البائدة التى يتصادف وجودها فى رواسب العصور القديمة بما يشابهها من فطريات معاصرة . ويعتبر الباحث الإنجليزى هوتون J. Hutton من أوائل الجيولوجيين الذين وضعوا اساسيات علم الرواسب ، ووضعوا مبدأ (الحاضر مفتاح الماضى Present is the key to the past) وذلك فى منتصف القرن الثامن عشر .

ومنذ ذلك الحين ، أصبحت الحفريات – بصفة عامة – معروفة على أنها بقايا للكائنات الحية القديمة التى كانت تعيش فى العصور الجيولوجية المتعاقبة . وكان الاعتقاد السائد قبل ذلك أن هذه الحفريات عبارة عن نقوش طبيعية غير مفهومة ومجهولة الأصل .

كما جانب الصواب بعض المشتغلين بالحفريات القديمة ، مثال ذلك ما وصفه Eichwald عام ١٩٣٠ لحفريات كانت عبارة عن ثمار لفطريات عيش غراب رفية ثقبية بائدة تتبع الأنواع *Daedalea volhynica* و *Polyporus bowmanii* ، حيث اعتقد أنها قشور أسماك بائدة ، ثم صحح ذلك من جاء بعده من باحثين .

وعلى الرغم من النشاط العلمى لدراسة هذه الحفريات الفطرية فى الآونة الأخيرة . إلا أنه مازالت هناك صعوبات جمة لوضع تصور ما عن تطور هذه الفطريات على مر التاريخ ، وأيضاً لتوضيح العلاقات المحتملة بين هذه الفطريات والمجاميع الرئيسيه للفطريات المعاصرة .

ولقد وجدت بعض الحفريات الفطرية فى عديد من رواسب العصور القديمة ، والتى كانت تحتوى على حفريات لكائنات حية أخرى كانت تشارك هذه الفطريات الحفرية بيئتها . إلا أن الفطريات الحفرية لم تَنَلْ حظاً وافراً من دراسة واهتمام الباحثين فى مجال حفريات النباتات البائدة Palaeobotantists والباحثين فى مجال دراسة حبوب لقاح هذه النباتات Palynologists .

وترجع صعوبة دراسة هذه الفطريات الحفرية بواسطة علماء النباتات البائدة إلى الصعوبات العديدة التى صادفت هؤلاء الباحثين ، خاصة فى التعرف على طبيعة الوحدات الفطرية المتناثرة فى هذه الرواسب (Fungal propagules) ، وأيضاً فى تعريف هذه الفطريات البائدة ومحاولة مقارنتها بنظائرها من الفطريات المعاصرة .

ومن ناحية أخرى ، لاحظ بعض الباحثين فى مجال التتابع الطبقى للحفريات ، أن الحفريات التي توجد فى الطبقات العليا الحديثة تكون غالباً أكثر تشابها بالكائنات الحية المعاصرة ، بينما يقل هذا التشابه كلما كانت الطبقات أكثر عمقاً وعمراً . وبذلك اتضح أن الصخور الرسوبية تحمل بين طياتها سجلاً محفوظاً يحكى تطور الكائنات الحية ، والتى تبدأ بسيطة التركيب ، ثم تزداد تعقيداً مع مرور الزمن .

ولقد اهتم بعض الباحثين العاملين فى مجال الحفريات بتسجيل مشاهداتهم من الفطريات الحفرية ، وآثار الكائنات الحية الأخرى البائدة ذات الأهمية الكبيرة فى معرفة تطور الكائنات الحيوية ودراسة تاريخ الحياة على الأرض ، وهو ما يطلق عليه اسم (التسجيلات الجيولوجية للفطريات الحفرية The geological records of fossil fungi) .

وتستخدم مثل هذه التسجيلات الجيولوجية فى دراسة علم التتابع الحفرى للأحياء البائدة Biostratigraphy الذى يهتم بدراسة حفريات الأحياء البائدة وعلاقتها بالوحدات الصخرية فى التتابع الطبقى. ولقد أظهرت هذه الدراسات أن الحفريات فى تغير مستمر، حيث تظهر أنواع جديدة وتنقرض أو تختفى أنواع أخرى .

كما أوضحت دراسة التتابع الحفرى أن البقايا العضوية فى أى عصر من العصـــور الجيولوجية تكون متشابهة ، وتتباين فى الأزمنة المختلفة . وفى الحقيقة تعتبر الحفريات الأداة الدقيقة فى تعيين الأزمنة الجيولوجية المتتابعة منذ ظهور الحياة على الأرض حتى الآن .

ولقد اعتمد الباحثون على مثل هذه الحفريـــات الفطريـــة فـــى دراســـة خصـــائص الفطريات البائدة المنتشرة بها ، وذلك لمحاولة تصور شكل البيئة التى كانت تنمو فيـــها هذه الفطريات خلال تلك العصور الزمنية السحيقة ، خاصة إذا أمكن التعـــرف علـــى بعض النباتات البائدة فى هذه الفترات الزمنية وتوقع الظروف البيئية التى ساعدتها على النمو .

فعلى سبيل المثال ، إذا كانت هذه الحفريات الفطرية موجودة فى طبقـــة صخـــور رسوبية تحتوى على بقايا نباتية كثيفة ، فإن معنى ذلك أن المناخ كان حـــارا أو دافئـــا معتدلا ممطرا ، ولكنه لا يمكن أن يكون باردا أو جافـــا ، لأن مثل هذه النباتات الكثيفة والأشجار الضخمة لا توجد فى مناطق باردة . أما إذا كانت الحفريات الفطرية موجودة فى طبقة من الفحم النباتى ، فإن معنى ذلك وجود غابات كثيفة كانت تنمو فـــى منـــاخ دافئ رطب ... وهكذا .

ويجب أن يؤخذ فى الحسبان أن المناطق المناخية climatic zones التى نعرفها الآن (استوائية – صحراوية – معتدلة – باردة) ، كانت موجودة فى الأحقـــاب القديمـــة ، ولكن فى مناطق جغرافية تخالف الموجودة حاليا . كما أنه من الملاحـــظ أن التوزيـــع الجغرافى للبحار واليابسة كان مختلفا تماما عما هو الآن ، وهكذا الحال فـــى توزيـــع درجات الحرارة والضغط الجوى ، وما يعكسه ذلك على باقى الظروف البيئية بصفـــة عامة .

ولقد أدى التغير المستمـــر فى بيئة الأرض على مـــر الدهر حتى الآن إلى تغـــير صفات الكائنـــات الحيـــة – ومنها الفطريات بطبيعـــة الحال – ســـواء فـــى الشكـــل والحجم أم فى الصفات الحيويـــة الأخـــرى ؛ مما أدى إلى تطورها تدريجيا إلى نـــوع ربما لا يتفق كثيرا مع النوع الأصلى ، وهذا يؤدى إلى وضع الأفـــراد المتطورة فـــى نـــوع آخر .

وقد يصل التغير فى الأفراد الجديدة إلى درجة أكبر من التطور ؛ بحيث يتفرع إلى

أفراد كثيرة متباينة بدرجات مختلفة ، قد يستمر منها أفراد فى استكمال الحياة و التطور ، وقد تنقرض أفراد أخرى من العشيرة نتيجة عدم مواءمتها للظروف البيئية .

وباستمرار درجة التطور فى أفراد العشيرة ، يصل التطور إلى درجة النوع species أو الجنس Genus أو العائلة Family أو الرتبة Order أو الطائفة Class وهكذا . ولقد لوحظ دائما أن بعض الحفريات لكائنات معينة تطورت وأزدهرت فى فترة ما ، ثم اندحرت وانقرضت بعد ذلك .

ويبدو لكثير من العلماء أن ظاهرة انتشار مجموعة من الكائنات الحية ثم ازدهارها ، ثم تدهورها وانقراضها أو تناقصها بعد ذلك ، مرتبطة بالحركات الأرضية العظيمة التى حدثت للأرض . فمن المحتمل أن تكون هذه الحركات القوية قد أدت إلى تغير الظروف البيئية والمناخية مما كان له الأثر الكبير فى حياة بعض الكائنات الحية ، وهذا ما سوف نناقشه فى تطور الفطريات .

وحيث إن دراسة الحفريات الفطرية من الأهمية بمكان ، حتى يمكننا تصور نشأة الفطريات وكيفية تطورها على مر التاريخ Fungal phylogeny & evolution ، فإن مثل هذه الدراسات تحتاج إلى تضافر جهود العلماء والباحثين فى شتى المجالات للحصول على نتائج متكاملة يمكن الاستفادة منها ، وذلك بمقارنتها مع نظيراتها من الفطريات المعاصرة .

وعلى ذلك فإن هذه الفطريات البائدة الموجودة فى الرواسب الحفرية يمكن دراستها لبيان مدى استجابتها للظروف البيئية التى كانت سائدة فى ذلك الوقت ، مع مقارنتها بالحفريات المرشدة index fossils لغيرها من الكائنات الحية الأخرى .

ولقد كانت أولى الدراسات الخاصة بالحفريات الفطرية ما وصفه Goppert عام ١٨٣٦ عن ملاحظته وجود بقع داكنة اللون متوسطة الحجم على ورقة نبات سرخسى حفرى من العصر الكربونى ، عرف بعد ذلك أنه للفطر الحفرى *Excipulites neesii*.

وفى عام ١٨٧٧ نشر De Bary بحثا فى جامعة أكسفورد بعنوان (مقارنة الشكل الخارجى وطبيعة حياة الفطريات) ، ثم نشر Atkinson مقالا عام ١٩١٥ تناول فيه نشأة الفطريات الأسكية والعلاقة بين أفرادها . وحتى نهاية القرن التاسع عشر لم يتعد

فحص مثل هذه الفطريات الحفرية النظرة العابرة بالعين المجردة ، أو باستعمال عدسة مكبرة ، ولم تلق الاهتمام اللائق بها .

وبعد ذلك توالت الدراسات على هذا الموضوع الشائق ، ثم زادت المعلومات تدريجيا، خاصة فى السنوات الأخيرة ؛ نتيجة ما تم العثور عليه من فطريات بائدة فى رواسب العصور الجيولوجية القديمة ، ومصاحبا للتطور العلمى فى أساليب العزل والفحص الميكروسكوبى .

كما أدت الثورة الصناعية فى أوروبا إلى زيادة الاهتمام بالبحث والتنقيب عن مصادر الطاقة – مثل الفحم – مما تسبب فى اكتشاف المزيد من هذه الحفريات ، وزادت المعلومات الخاصة بالأحياء البائدة التى كانت تعيش فى مثل هذه البيئات القديمة Paleohabitates .

ويكفى ما يتوفر حاليا من معلومات لتوضيح العلاقات المحتملة بين هذه الفطريات البائدة والمجاميع الرئيسية للفطريات المعاصرة ، وذلك لدراسة كيفية تطور الفطريات . ولقد ذكر الباحث بيروزنسكى K. A. Pirozynski فى بحثه المنشور عام ١٩٧٦ بعنوان (الجراثيم الفطرية فى السجلات الحفرية) أن الدلائل التى تم جمعها تدل على التطور المستمر للفطريات عبر التاريخ .

وتقدر عدد الحفريات الفطرية التى تم الحصول عليها حتى الآن بحوالى ٥٠٠ حفرية ، موزعة على حوالى ٢٥٠ جنسا حفريا (Stewart, 1983) . ومعظم هذه الأجناس وجدت فى الرواسب التابعة للعصر الطباشيرى ، أى منذ حوالى ١٣٥ مليون سنة مضت ، والعصر الثالث Tertiary التابع لحقب الحياة الحديثة. وتتشابه عديد من هذه الفطريات الحفرية مع الفطريات المعاصرة من ناحية شكلها الخارجى ودورة حياتها.

وحيث إن دراسة الحفريات الفطرية تشمل التعرض لتطور الحياة العضوية للكائنات الحية على مر العصور ، فإنه تجب الإشارة إلى العصور الجيولوجية التى عاصرت نشأة الفطريات وتطورها ، والتى يوضحها شكل (٢ – ١) .

ويعتقد أن نشأة الأرض كانت منذ حوالى ٤٦٠٠ مليون سنة مضت ، ثم بدأت الحياة عليها فى مياه المحيط الأعظم بطريقة غير معلومة لنا حتى الآن ، حيث يطلق على هذه

الفتـــرة دهـــر الحـــياة الخفيـــة (Cryptozoic (hidden life أو ما قبـــل الكمـــبرى Pre-Cambrian ، ويعتقـــد أن هـــذا الـــدهـــر استمـــر حـــوالى أربعة آلاف مليـــون سنة .

ويقســـم هـــذا الـــدهر إلى حقبتين ، الأولـــى حقبة الأركيوزوى Archeozoic (Archaean) ، ويطلـــق عليها أيضا حقبة ما قبل الكمبرى السفلى ، حيث اســـتمرت من ٤٦٠٠ إلى ٢٦٠٠ مليون سنة . والحقبـــة الثانيـــة هـــى حقبـــة البروتـــيروزوى Proterozoic (Algokian) ويطـــلق عليـــها حقبـــة ما قبـــل الكمـــبرى العلـــوى ، حيث استمـــرت من ٢٦٠٠ إلى ٦٠٠ مليون سنة ، وفيها ظهـــرت بـــاكورة الحيـــاة الأولية .

وبعد ذلك ظهرت الحياة الظاهرة (غير الخفيـــة) لنـــا فـــى دهـــر الفـــانيروزوى Phanerozoic الذى امتد حوالى ٦٠٠ مليون سنة . ويقسم هذا الدهر إلى ثلاثة أحقاب جيولوجية ، هى حقبة الحياة القديمة (Palaeozoic (Ancient life التـــى اســـتمرت حوالى ٣٧٠ مليون سنة ، وحقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic (Middle life الـــذى استمرت حوالى ١٦٧ مليون سنة ، وحقبة الحياة الحديثة (Cenozoic (Modern life الذى استمرت حوالى ٦٢ مليون سنة .

تقسيم الأحقاب الجيولوجية :

١ - حقبة ما قبل الكمبرى Pre-Cambrian Era

٢ - حقبة الحياة القديمة الأولى Older Palaeozoic :

- العصر الكامبرى Cambrian : استمر حوالى ١٠٠ مليون سنة.
- العصر الأوردفيشى Ordovician : استمر حوالى ٦٥ مليون سنة .
- العصر السيلورى Silurian : استمر حوالى ٤٠ مليون سنة .

٣ - حقبة الحياة القديمة الثانية Newer Palaeozoic :

- العصر الديفونى Devonian : استمر حوالى ٥٠ مليون سنة .
- العصر الكربونى Carboniferous : استمر حوالى ٦٥ مليون سنة .

● العصر البرمى Permian : استمر حوالى ٥٠ مليون سنة .

٤ – حقبة الحياة الوسطى Mesozoic Era :

أ – **العصر التيرياسى** Triassic : استمر حوالى ٤٩ مليون سنة .

ب – **العصر الجوارسى** Jurassic .: استمر حوالى ٤٦ مليون سنة .

جـ – **العصر الطباشيرى** Cretaceous : استمر حوالى ٧٢ مليون سنة .

٥ – حقبة الحياة الحديثة Cenozoic Era :

أ – **العصر الثلاثى (النظام الثالث) Tertiary System :**

● زمن الباليوسين Paleocene : استمر حوالى ٥ مليون سنة .

● زمن الأيوسين Eocene : استمر حوالى ٢٢ مليون سنة .
(فجر الحياة الحديثة)

● زمن الأوليجوسين Olegocene : استمر حوالى ١١ مليون سنة .

● زمن الميوسين Miocene : استمر حوالى ١٢ مليون سنة .

● زمن البليوسين Pliocene : استمر حوالى ١٢ مليون سنة .

ب – **العصر الرباعى (النظام الرابع) Quaternary System :**

● زمن البليستوسين Pleistocene : استمر حوالى ١-٢ مليون سنة

● زمن الهولوسين (العصر الحديث) Holocene : بدأ منذ ١٥ألف سنة ، حيث ساد الجنس البشرى على سائر الأحياء بعد ظهوره على سطح الأرض منذ حوالى ٢٠-٣٠ ألف سنة مضت .

ويشير سجل الحفريات الفطرية إلى أن حقبة ما قبل الكمبرى Pre-cambrian ، والتى استمرت حوالى أربعة آلاف مليون سنة ، شاهدت بداية ظهور الحياة على الأرض على صورة كائنات حية بسيطة وحيدة الخلية ، تسبح فى مياه المحيط الأعظم .

ثانيا ـ الفطريات الحفرية البدائية :

كانت الفطريات البدائيـــة ، بخيوطها شبه الهيفية غـــير المقسـمة ، تتعـايش مـع الطحالب الخضراء المزرقة ، والتى وجدت فى حفريات رسـوبية بجنـوب أفريقيـا ، يرجع عمرها إلى ٢,٣ – ٢,٧ ألف مليون سنة مضت .

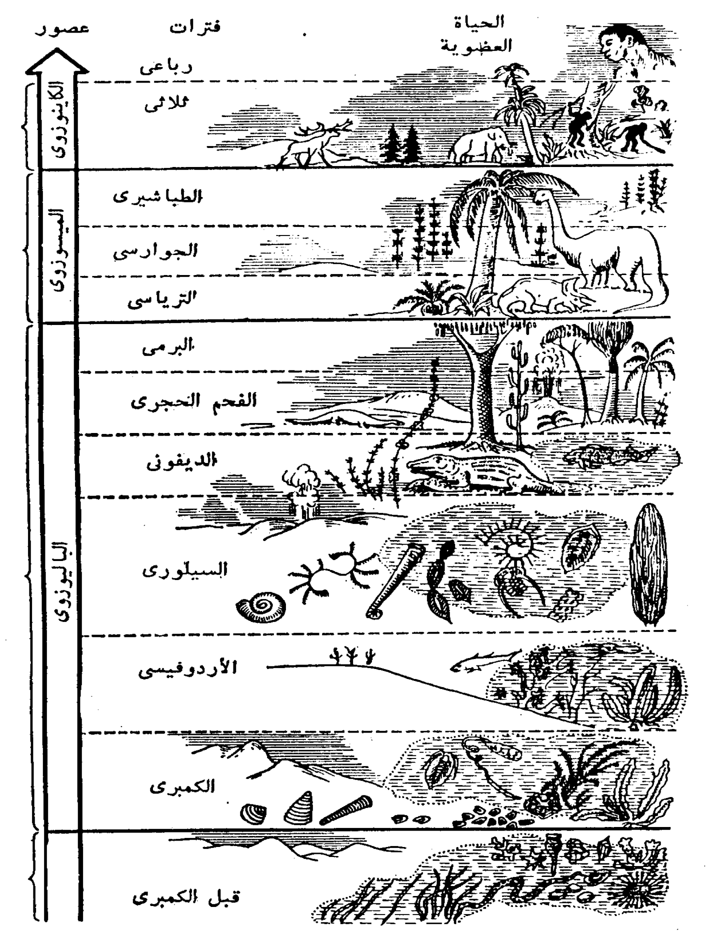
وعلى ذلك ، فإن حقب ما قبل الكمبرى كان بداية لظهور فطريات العفن المائية التى تتبع الفطريات البيضية الأولية dawn of Oomycota . وفى حقب ما قبـل الكمـبرى المتأخر Late Precambrian ، ظهرت الفطريات المكونة لما يشابه الأكياس الأسكية ، من تحور فى عضو التأنيث البيضى oogonium ، والتى تشابه الأفراد المعاصرة من عائلة فطريات العفن المائية Saprolegniaceae .

وفى حقبة الكمبرى المبكر (السفلى) Early Cambrian ، ظهرت فطريات العفـن المائية الكيتريدية فى البيئة البحريـة القـديمة ، وربما تكون الثقوب المسـتديرة فـى قشور وأصـداف الحيوانـات البحريـة من مفصليات الأرجـل فى حفريـات ذلـك الحقب ناتجة عن فعـل فطـريات العفن المائيـة البائـدة ، والتـى تشابـه الفطـر المعاصر *Leptolegnia marine* .

ولقد وجدت حفريات لفطريات بدائية ، تجمع بيـن صفـات الفطريـات البيضيـة والطحالب ، مثال ذلك الجنس البائد *Ordovicimyces* . ولقد ازدهر هذا الفطر البـائد فى العصر التالى (الأوردفيشى Ordovician) منذ حوالى ٤٣٥ مليون سنة مضـت، حيث اشتق اسم هذا الجنس الفطرى من العصر الأوردفيشى الذى ازدهر خلاله .

وفى العصرين التاليين (السيلورى Silurian و الديفونى Devonian) ، شوهـدت حفريات للفطر *Palaeachlya silurica* متطفلة على الحيوانات المرجانيـة . وربمـا تكون طبيعة علاقة هذا الفطر بحيوانات المرجان ليست بالضرورة تطفلا ، فقد تكـون معايشة أو تبادلا للمنفعة ، إلا أن تحديد ذلك يحتاج إلى مزيد من الدراسة .

ولقد وجدت وحدات فطرية لبعض الفطريات البائدة داخل تراكيب نباتية حفريـة ، مثال ذلك الدراسـة التى قام بها الباحث المصـرى أ. د. وجيـه السـعداوى أسـتاذ الحفريات النباتية بكلية العلوم جامعة عين شمس على أنسجة نبـات *Nothia aphylla* وهو أحـد النبـاتات التريـديـة المتحجرة التى ترجع إلى العصر الديفونـى المبكـر Early Devonian .



شكل (٢ – ١) : تطور الحياة العضوية فى مختلف العصور الجيولوجية .

وأظهرت الدراسة السابقة أن أنسجة النبات الحفرى تحتوى على جراثيم كروية الشكل وحيدة الخلية ذات جدار سميك أملس (شكل ٢ - ٢) قد تكون لفطر بائد يتبع الكيتريديات ، ذو علاقة بأنسجة النبات يرجح إنها تطفلية . ولقد جمعت هذه العينات الحفرية من قرية Rhynie باسكتلندا (El-Saadawy, 1966) .

ومن ناحية أخرى ، ناقش كثير من الباحثين تطور الحياة البدائية لهذه الفطريات الأولية ، حيث أرجعوا ذلك إلى المواءمة الطبيعية لها مع ما يحيط بها من ظروف خارجية ، وأيضا إلى التعاون مع غيرها من الكائنات الحية الأخرى التى تشاركها بيئتها.

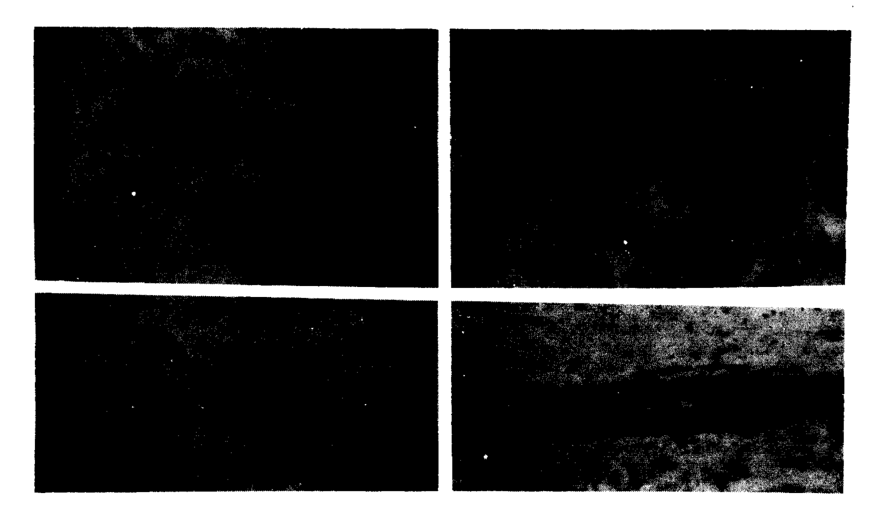
كما لوحظ فى كثير من الحفريات وجود فطريات بيضية بدائية ، وأخرى كيتريدية موجودة مع بقايا حيوانات مرجانية أولية وذلك فى حفريات ترجع للحقب الكمبرى ، واستمر وجود مثل هذه الحفريات حتى حقبة الحياة الحديثة Cenozoeic .

وعلى الرغم من تطور الفطريات على مر التاريخ ، إلا أنه مازالت هناك أفراد مائية لم تلحق عجلة التطور ، وظلت حتى يومنا هذا نموذجا لحفريات حية ، تحكى بداية نشأة الفطريات .

وحيث إن نشأة الفطريات كانت مائية فى المحيط الأعظم ، فإن العشائر الفطرية التى دفعتها الأمواج تجاه الشواطئ ، عايشت ظروفا بيئية متغيرة ، وكان حتما عليها أن تغير من نفسها وتتطور ، لكى تلائم الظروف الجديدة ، وربما كان ذلك بداية تكوين كائنات أرضية عديدة الخلايا ، مثل النباتات الأولية .

ويفسر العلماء ظهور هذه النباتات الأرضية البدائية - فى أوائل حقبة الحياة القديمة الثانية Older Palaeozoic - بأنه كان منطقيا ، وذلك لكى يمهد لظهور الحيوانات بعد ذلك .

ولقد بلغت هذه النباتات أوج ازدهارها بعد ذلك فى العصر الكربونى ، الذى استمر حوالى ٦٥ مليون سنة ، حيث ساعدت الظروف البيئية على سيادة النباتات اللازهرية مثل النباتات المعراة البذور . وفى العصر البرمى Permian - منذ حوالى ٢٣٠ مليون سنة مضت - ظهرت الأشجار المخروطية التى كونت غابات كثيفة غطت جزءا كبيرا من اليابسة .



شكل (٢ - ٢) : قطاعات فى أنسجة نبات *Nothia aphylla* الحفرى توضح وجود الجراثيم الكروية الوحيدة الخلية لفطر كيتريدى بائد داخل أنسجة النبات العائل وخارجها (عن El-Saadawy, 1966) .

وشهد بداية حقبة الحياة القديمة الثانية ، فى العصر الديفونى المبكر Early Devonian - منذ حوالى ٣٨٠ مليون سنة مضت - ظهور الفطريات البيضية الأرضية ذات علاقة تبادل المنفعة terrestrial symbiotic oomycetes ؛ حيث تزامن ذلك مع ظهور النباتات الوعائية البدائية .

ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر الحفرى *Palaeomyces gordonii* ، والفطر الحفرى *P. asteroxylii* ، حيث لاحظ بعض الباحثين وجود تشابه بين الفطرين السابقين مع بعض الفطريات المعاصرة ، التى تنمو فى جذور بعض النباتات الوعائية . واعتقد هؤلاء الباحثين أن هناك علاقة تبادل منفعة بين كل من الفطر الحفرى والنباتات الوعائية البدائية ، إلا أن هذا الفرض كان ينقصه الإثبات العلمى .

وفى دراسة للباحثين Wagner & Taylor (1981) ، قدما خلالها دليلا على وجود فطريات الميكورهيزا الداخلية endomycorrhizae فى حفريات نباتية ترجع إلى

الزمـــن البنسلفانى Pennsylvanian age الذى يتبع العصر الكربونى فى حقبة الحيـــاة القديمة .

وشملت هذه الدراسة وصفا لجراثيم فطريات الميكورهيزا التى تم العثـور عليـها ، مثل حجم وشكل هذه الجراثيم ، وتركيب الجدار الخلوى والحوامل الجرثومية . ولقـد وجدت حفريات هذه الفطريات على صـورة جراثيـم كلاميديـة مفـردة ، أو فـى مجموعات مفككة على أنسجة نباتية متحللة لنباتات حفرية ، خاصـة منطقـة القشـرة للجذور تحت الأرضية .

وعند الفحص الميكروسكوبى لهذه الجـراثيم ، وجـد أنها كـروية الشكل ، ملساء، يتـراوح قطـرها بيـن ١٠٠ و ٤٠٠ ميكـرون ، بينمـا يبلـغ سـمك الجـدار ١٠ ميكـرونات ، وهو يتـكون من عدة طبقات جداريـة تتراوح بيـن طبقتيـن وثـلاث طبقات .

ويتراوح قطر هيفات هذا الفطر الحفـرى بين ١٠ ميكرونـات و ٢٠ ميكرونـا ، تزداد إلى ٣٠ ميكرونا بالقرب من مكان وجود الجراثيم ، حيث تأخذ الهيفا شكل سـاق قمعية funnel-shaped stalk تحمل الجرثومة الكلاميدية .

وبناء على أشكال وتراكيب جـراثيم وهيفات ذلك الفطر الحفرى ، يعتقد الباحثان أن هذه الحفرية لأحد فطريات الميكـورهيزا الداخلية البائدة ، وهى تشبـه فـى صفاتـها صفات الجنس المعاصر *Glomus* . ولقد أظهرت الدراسات الحديثة علـى الجراثيـم الكلاميدية للجنس *Glomus* اخـتلاف حجمها وشكلـها وتركيـب الـهيفات المتكونـة باختلاف نوع الفطر ، وهذا ما شـوهد أيضا فـى عـينات الحـفريات الفطـرية التى تم جمعها للفطر الحفرى فى هذه الدراسة من مناطق مختلفة من العالم .

وترجع أهمية مثل هذه الفطريات إلى دورها فى تكوين علاقة ميكورهيزا حوصليـة ذات تفرعات شجيرية vesicular arbuscular endomycorrhizae مع جذور عديد من النباتات الوعائية ، وبذلك توضح هذه الدراسة ظهور مثل هذه الفطريات على جـذور نباتات العصر البنسلفانى .

ويدل ذلك على القيمة الحيوية البالغة الأهميـة لهذه الفطريات فـى تشجيـع نمـو الغـابـات الكثيفـة خلال العصـر الكربـونى ، والتى تعتبر المصدر الرئيسى للفحـم فى كثيـر من دول الـعالـم ، وأيضا القيمـة الحيـوية لفطـريات الميكـورهيزا

التى تطورت بعد ذلك لتمثل نظامــا مشاركا لحياة جميع جذور نباتات الأرض الوعائية تقريبا .

ولقد ذهب الباحثان Pirozynski & Malloch (1975) فــى بحثــهما المنشــور بعنــوان (نشأة النباتات الأرضية) إلى أن علاقة تبادل المنفعة بين تلــك الفطريــات الأولية والنباتات الوعائية البدائية قد وصلت إلى مرحلة متقدمة ، أدت إلــى تطورهمــا معا لتكوين النباتات الأرضية المعاصرة ، وذلك منذ حوالى ٢٢٥ مليون سنة مضــت ، ثم استمر التطور بعد ذلك على مدى ملايين السنين .

ولا يعتبر ما ذكره الباحثان السابقان نوعا من الخيال العلمى ، فلقد أثبتت الأبحــاث الحديثة أن الحمض النووى DNA الموجود فى الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضــراء فى خلايا النباتات الراقية – وهى جسيمات (عضيات) تقوم بدور حيــوى هــام فــى التمثيل الضوئى وتفاعلات نقل الطاقة – يشبه فى تركيبه الحمض النووى الموجود فى الكائنات الحية غير الراقية .

وتتميز الكائنات غير الراقية بأن نواتها أولية ، تتكون من الحمض النــووى DNA فى شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معا ، ولا يتعقد بوجــود الــبروتين الهســتونى . ويؤيد ذلك أن جسيمات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضــراء ذات أصــل بدائــى ، وربما كانت خلايا لأوليات متطفلة داخل خلايا كائنات راقية ذات نــواة حقيقيــة ، ثــم استقرت بها بعد ذلك .

وكثيرا ما تشاهد كرات من الفحم ترجع إلى العصر الكربونى بــها أجــزاء نباتيــة محفوظة بطريقة سيئة ، ويظهر بها آثار العفــن . ويمكن ملاحظة وجود تجمعات مــن جسيمات جيدة التكوين تمثل جراثيم فطرية داخل الخلايا المتحللة ، أو فى المناطق التى تكون فيها الأنسجة النباتية ممزقة .

وحيث إن مثل هذه التراكيب الفطرية لا يصاحبها وجود هيفات فطريــة أو أكيــاس جرثومية ، لذلك يعتقد بعض الباحثين أن هذه التراكيب لفطريات كيتريدية بائدة . ولقــد وجدت خلايا متجمعة لفطريات شبيهة بالكيتريديات convincing chytrid like cells فى أنسجة بعض البــذور وفى الجــراثيم الكبيــرة megaspores وفى حبــوب اللقاح (Millay & Taylor, 1978) .

كما شوهدت أكياس لجراثيم سابحة swamsporangia لفطريات كيتريدية يحتوى كل

منها على كتل عديدة من البروتوبلاست المكون للجراثيم السابحة ، وكذلك شوهد ثقب تحرر exit pore فى جدار الكيس الجرثومى ، تنطلق منه هذه الجراثيم السابحة للخارج .

ولقد وجد أيضا " ميسليوم " يتكون من هيفات غير مقسمة لفطريات بيضية حفرية فى رواسب الصخور الصوانية التابعة للعصر الديفونى المبكر Lower Devonian Rhynie chert) Kidston & Lange, 1921) . ويوضح شكل (٢ – ٣) التراكيب التكاثرية والجراثيم الساكنة (الكلاميدية) التى تميز هذه الفطريات البيضية ، حيث نسب الباحثان السابقان هذه التراكيب الفطرية إلى جنس حفرى غامض هو *Palaeomyces* .

ومن ناحية أخرى ، وجدت عديد من الحفريات لهيفات فطرية متفرعة وغير مقسمة لفطريات بيضية فى كرات فحم ترجع للزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى المتقدم، ولقد اكتشف فى هذه العينات جاميطات مؤنثة oogonia وأخرى مذكرة antheridia فى خلايا بذور بعض النباتات الحفرية البائدة (شكل ٢ – ٣) ، وتتشابه هذه التراكيب الفطرية مع الفطر المتطفل المعاصر *Albugo* التابع للفطريات البيضية .

ويلاحظ أن الفطريات البيضية البدائية والفطريات الكيتريدية قد تطورت خلال حقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic ، حيث تحولت هذه الفطريات من النمو فى المياه المالحة فى البيئة البحرية إلى النمو فى المياه الأقل ملوحة عند شواطئ البحار ومصبات الأنهار ، ثم تأقلمت بعد ذلك على النمو فى بيئة المياه العذبة . وكان هذا التحول هاما وحاسما ، حتى تستطيع هذه الفطريات – بعد ذلك – النمو على اليابسة ، فى قفزة حضارية غيرت وجه الأرض .

وفى دراسة للباحثين (Taylor et al., (1992 خاصة بالفطريات الكيتريدية من العصر الديفونى المبكر Lower Devonian ، وجدت فطريات حفرية كيتريدية مطمورة فى أنسجة نباتية ، حيث يعتقد أنها متطفلات داخلية endobiotic .

ويتضح من دراسة هذه الفطريات أنها كلية الإثمار holocarpic داخل خلايا عوائلها النباتية ، كما شوهد بها تراكيب تناسلية أحادية المركز monocentric ، وجراثيم سابحة داخل أكياس جرثومية مختلفة الشكل ، يصل قطرها لأكثر من ٣٠ ميكرونا .

وكانت معظم الأكياس الجرثومية التى تم فحصها غــير غطائيــة inoperculate ، وهذا يدل على أن تحرر الجراثيم الهدبية يتم خلال تحلل جدار الكيس الجرثومى أو من خلال أنبوبة تحررية ، بينما كانت الأكياس الجرثومية الغطائية operculate قليلة فــى عينة الفطر الحفرى .

وعلى ذلك يمكن مقارنة صفات الفطريات الكيتريديــة الحفريــة الســابقة ببعــض الكيتريديات المعاصرة ، مثــال ذلــك الفطريــات التابعــة للعــائلتين Olpidiaceae و Spizellomycetaceae . ويبدو من هذه الدراسة أن بعض الفطريات الكيتريدية البــائدة كانت ذات علاقة حيوية وطيدة ببعض الأحياء المائية فى المياه العذبة داخل المنظومــة البيئية للعصر الديفونى المبكر lower devonian ecosystem .

وعلى أيــة حال ، فإنه من الصعب التكهن بمستوى تداخــل مثل هــذه الفطريــات الكيتريــديــة مع عوائلها فى ذلك العصر السحيــق . وعلــى الرغــم مــن وجــود حفــريات هذه الفطريــات فى أنسجــة القشــرة لعديــد من النباتات الحفرية التى تــم العثور عليها ، فليس من المعروف – على وجــه الدقــة – مــا إن كــانت هــذه الفطريات متطفلة على الأنسجة الحية لهذه النباتات أم مترممة على بقاياهــا العضويــة المتحللة .

إلا أن العينات الحفريــة التى تم الحصول عليها من العصر الديفونى المبكر تؤكــد لنا مدى قدم هذه المجموعــة من الفطريات ، والذى أمكن تأكيده مؤخرا عــن طريــق تتابع الحمض النووى الريبوسومى 18s r RNA ، ويقدر عمر هذه الفطريات المائيــة بحوالى ٤٠٠ مليون سنة (Bowman et al., 1992) .

وفى العصر الكربونى Carboniferous ، فى منتصف حقبة الحياة القديمة الثانية ، بــدأت ظهور فطريات الميكروهيزا الداخلية والفطريات البيضية والكيتريدية المتطفلة ، وأيضا أسلاف الفطريات الزيجية والبازيدية منذ حوالى ٣٤٥ مليون سنة مضت .

ولقد أدى اكتشاف حفرية لهيفات الفطر البائد *Mycorrhizonium* داخل ريزوم أحد النباتات الحفرية القديمة إلى اهتمام الباحثين بدراســة نشــأة فطريــات الميكروهــيزا الداخلية ؛ وذلك فى عديد من النباتات التريدية كالسراخس .

وتشير الأبحاث المتعددة فى دراسة العلاقة بين الفطريات والنباتات خلال العصــر الكربونى ، إلى أن العلاقة بينهما كانت وطيدة . ولقد شوهدت هيفات فطريــة داخــل

جذور بعض النباتات السرخسية ، حيث يعتقـد أن ذلك قد يرجع إلى أنها لفطر متطفل، أو لفطر متعايش مع جذور هذه النباتات ، ولربما تكون العلاقة بينهما تبادلا للمنفعة .

وعلى أية حال ، فإنه يفترض أن العلاقة بين الفطريات والنباتات فى ذلك العصـر كانت حتمية ، وذلك يرجع إلى احتـياج هذه النباتات إلى الفطر أثنـاء نموهـا علـى اليابسة ؛ وهذا له معنى واحد وهو تبادل المنفعة .

ولقد تم التعرف على بعض الفطريات الحفرية التى وجدت نامية على أوراق نباتات العصر الكربونى ، حيث سميت بما يشابهها من فطريات معاصرة ، وذلك بعد تعديـل اسم الجنس المشابه المعاصر بحذف الحرف الأخير ثم إضـافة مقطـع ites – فـى نهاية الاسم ، مثال ذلك الفطر الحفرى *Peronosporites antiquarius* المشابه للجنس المعاصر *Peronospora* المسبب لمرض البياض الزغبى على الأوراق .

وفى العصر الميوسينى Miocene ، التابع لحقبـة الحيـاة الحديثـة Cenozoic ، ظهرت حفريات لفطر بائد يتبع الجنس الحفـرى *Pythites* ، الـذى يشابـه الجنـس المعاصر *Pythium* . وأيضاً شوهدت حفريات لفطريات كيتريدية فى بذور وأخشـاب نباتات تابعة للعصر الكربونى ، مثل الجنسين الحفريين ***Grilletia* و *Oochytrium*** .

ولقد توالى اكتشاف فطريات حفرية تابعة لحقبة الحيـاة القديمـة الثانيـة Newer Palaeozoic ، حيث شوهدت حفريات لفطريات زيجية فى **عينات فحم مـن العصـر** الكربونى، مثال ذلك الجنس الفطرى البائد *Zygosporites* ؛ **الذى يشابه طحالب المـاء** العذب ، والجنس الفطرى البائد *Sporocarpon* ، الذى وجدت نمواتـه علـى بعـض أوراق السراخس الحفرية فى شمال أفريقيا .

ثالثاً - الفطريات الحفرية الأسكية :

أثبت (1969) Schopf & Barghoorn وجود هيفات غير مقسـمة ، وتراكيـب تشبه الأكياس تحتوى بداخلها على جراثيم فى عينات حفرية من جنوب استراليا ، ترجع إلى عصر ما قبـل الكمبرى المتأخر Late Pre-Cambrian ، أى منـذ حوالـى ٦٠٠ مليون سنة .

ولقد أثار هذا الكشف كثيرا من الجدل ، حتى تم فحص أنسـجة لنباتـات أرضيـة

ومائية كانت مطمورة فى رواسب صخرية ترجع إلى العصر الديفونى والكربونى ، تحتوى على فطريات حقيقية ، كان بعضها مترمما ومحللا لبعض الأجزاء النباتية المتحللة مكونا للدبال ، بينما كان البعض الآخر من هذه الفطريات متطفلا على الأنسجة الحية للنباتات .

ويبدو أن العلاقة بين الفطريات المتطفلة وعوائلها النباتية قد وصلت إلى حد الاستقرار ، فى الوقت الذى كانت فيه هذه النباتات الأرضية قد سادت اليابسة . وهناك أدلة قوية على انتشار الفطريات الأسكية فى بداية العصر الكربونى .

ولقد وجدت هيفات لفطريات أسكية وتراكيب ثمرية فى رواسب ترجع إلى الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى المتأخر ، نسبت إلى الجنس الحفرى *Protoascon* . وفى عينات أخرى لفطريات أسكية حفرية ، شوهدت هيفات متفرعة ومقسمة بجدر عرضية ، بالإضافة إلى تراكيب ثمرية ، عبارة عن أجسام ثمرية أسكية مقفولة Cleistothecia (شكل ٢ - ٤) نسبت إلى بعض الأجناس الأسكية البائدة ؛ مثل *Sporocarpon* و *Dubiocarpon* و *Mycocarpon* .

وكذلك الحال فى الفطريات الأسكية التى تقطن سطوح الأوراق ، ويطلق عليها اسم فطريات الفيللوسفير Phyllosphere ، حيث يعتقد أن نشأتها ترجع إلى العصر الترياسى المتأخر Late Triassic ، فى بداية حقب الحياة الوسطى منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

ويعتقد أن فطريات سطوح الأوراق هذه قد زاد تكاثرها وانتشارها على سطوح أوراق النباتات المغطاة البذور خلال العصر الطباشيرى Cretaceous فى نهاية حقبة الحياة الوسطى . ومن هذه الفطريات الحفرية البائدة الجنس *Pleosporites* ، وهو مشابه للجنس الأسكى المعاصر *Pleospora* ، والجنس الحفرى *Ctenosporites* ، والفطر الحفرى *Pluricellaesporites glomeratus* .

ويفسر بعض الباحثين الدور الثانوى لفطريات العفن الطرى على النباتات المكونة للفحم فى حقب الحياة القديمة Palaeozoic إلى غياب الفطريات الأسكية فى ذلك الوقت ، والتى بدأ ظهورها بعد ذلك فى العصر التيرياسى Triassic فى مستهل حقبة الحياة الوسطى Mesozoic .

ولقد أمكن العثور على فطريات أسكية حفرية ، كانت نامية على سطوح الأوراق فى

العصر الأيوسينى Eocene ، وهو عصر فجر الحياة الحديثة منذ حوالى ٤٠ مليون سنة مضت . ومن هذه الفطريات الحفرية بعض الأجناس البائدة ؛ مثل *Meliola* ، و *Asterolibertia* ، و *Asterina* ، و *Euthalopycnidium* ، و *Patouillardiella*.

ومن الفطريات الأسكية الحفرية الأخرى التى وجدت نامية على سطوح أوراق النباتات البائدة ، بعض فطريات البياض الدقيقى ؛ مثل الجنس البائد *Uncinulites* المشابه للجنس المعاصر *Uncinula* ، والجنس البائد *Erysiphites* المشابه للجنس المعاصر *Erysiphe* . ولقد واجهت كثيرا من الباحثين صعوبات جمة فى تعريف بعض الفطريات الأسكية البائدة التى كانت تنمو على سطوح أوراق بعض النباتات الحفرية ، حيث نسب بعضها -خطأ- إلى فطريات البياض الدقيقى .

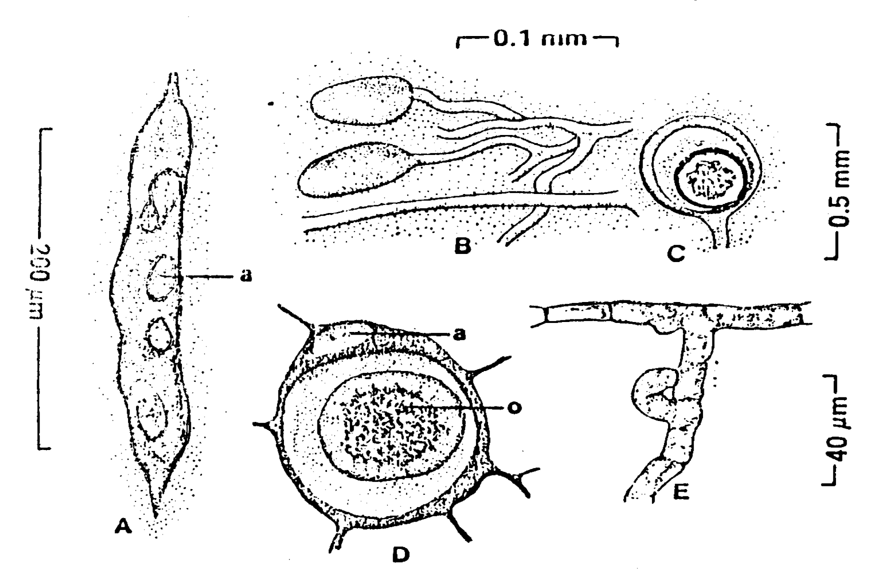
وفى بعض الحفريات الفطرية شوهدت هيفات تحيط بأجسام ثمرية أسكية مقفولة للجنس الحفرى البائد *Mycocarpon* ، تشابه إلى حد بعيد تلك الموجودة حول الأجسام الثمرية لفطريات البياض الدقيقى المعاصرة التابعة لرتبة Erysiphales .

كما شوهدت مثل هذه الأجسام الثمرية الأسكية فى عينات حفرية أخرى ، واعتقد - حينذاك - أنها أجسام حجرية ، ونسبت خطأ إلى الجنس الحفرى *Palaeosclerotium*. وبعد إعادة فحص هذه التراكيب الفطرية مرة أخرى مؤخرا ، اتضح أنها لأجسام ثمرية أسكية مقفولة ، يحتوى كل منها على ٣٠ كيسًا أسكيًا ، ونسبت إلى الجنس الأسكى الحفرى *Traquaira* . وتتكون جدر هذه الأجسام الثمرية الكروية الدقيقة من طبقات جيدة التكوين ، كما شوهد ٤-٨ جراثيم أسكية داخل كل كيس أسكى .

ومن الجدير بالملاحظة عند فحص التركيب الفطرى السابق ، وجود هيفات مفككة ومتموجة حول الجسم الثمرى الأسكى المقفول ascomycete cleistothecium ، تحمل روابط كلابية واضحة (شكل ٢ - ٣) ، بينما تتكون الطبقة الداخلية من ميسليوم بارانشيمى كاذب pseudoparenchymatous mycelium ، يتكون من هيفات ذات حواجز برميلية الشكل مفتوحة الطرفين .

وحيث إن كلا من الروابط الكلابية clamp connections والحواجز البرميلية dolipores من مميزات الهيفات الثنائية الأنوية dikaryotic hyphae فى الفطريات البازيدية ، فإن الجنس الحفرى *Palaeosclerotium* يحمل صفات مشتركة لكل من الفطريات الأسكية والبازيدية .

وعلى أية حال ، يتفق علماء الفطريات الحفرية – بصفة عامة – على أن كلا من الفطريات الأسكية والبازيدية بينهما علاقة وطيدة ، ويعتقد أن الفطريات البازيدية قد تطورت من الفطريات الأسكية .



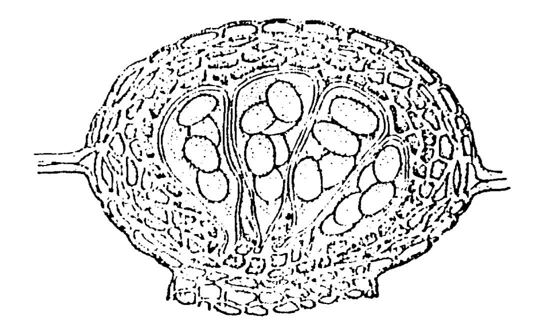
شكل (٢ – ٣) : A = تركيب يشبه الكيس الأسكى يحتوى على جراثيم أسكية من عصر ما قبل الكمبرى .

B = هيفا متفرعة غير مقسمة ذات نهاية منتفخة للجنس الحفرى *Palaeomyces* .

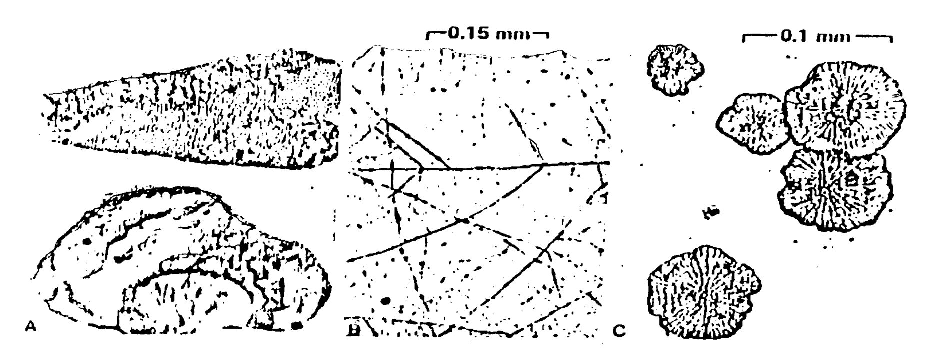
C = جرثومة ساكنة سميكة الجدار على قمة هيفا للجنس الحفرى *Palaeomyces* ، من العصر الديفونى .

D = جاميطة مؤنثة فطرية fungal oogonium تحتوى على بويضة oosphere (O) ، وربما تكون الخلية (a) عبارة عن الجاميطة المذكرة antheridium . والعينة الحفرية ترجع إلى الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى .

E = هيفا فطرية تحمل رابطة كلابية للجنس البازيدى الحفرى *Palaeancistrus* من الزمن البنسلفانى .



شكل (٢ - ٤) : قطاع خلال جسم ثمرى أسكى مقفول للجنس المعاصر *Erysiphe* يوضح الأكياس الأسكية المحتوية على الجراثيم الأسكية ، حيث تظهر الأكياس الأسكية من نموات ممتدة من جدار الجسم الثمرى الأسكى .



شكل (٢ - ٥) : A = الفطر الحفرى *Fomes idahoensis* . عينة حفرية من العصر الثالث التابع لحقب الحياة الحديثة . يوضح الشكل العلوى السطح السفلى للجسم الثمرى الرفى ذى الثقوب العديدة ، بينما يوضح الشكل السفلى السطح العلوى للجسم الثمرى .

B = هيفا للفطر السطحى الحفرى *Asterina* على سطح ورقة نبات *Sapindus*.

C = حشيات ثمرية stroma للفطر الحفرى *Callimothallus* على سطح ورقة نبات *Sapindus* .

وقد أعاد بعض الباحثين فحص عينات الفطر الحفرى السابق *Palaeosclerotium* ، حيث يسود الان اعتقاد بأن هذه العينة تضم أكثر من فطر حفرى واحد ، وربما يفسر ذلك تداخل الصفات الفطرية ، والتراكيب التى تميز الفطريات الأسكية عن البازيدية . وقد يتطلب الأمر مزيدا من الفحص والدراسة على عينات حفرية أخرى .

وفى حقب الحياة الحديثة Cenozoic ، ظهرت الفطريات الأسكية المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة apothecia ، والتى كونت المجموعة الفطرية المعاصرة Discomycetes ، وكذلك الأجسام الثمرية الدورقية المطمورة فى حشيات ثمرية ascostroma ، وهى أسلاف الفطريات الأسكية الحشرية المعاصرة Laboulbeniomycetidae ، والفطريات الأسكية القاطنة للأخشاب والتابعة للمجموعة المعاصرة Sphaeriales .

ولقد زاد انتشار هذه الفطريات الأسكية على سطوح أوراق النباتات البائدة فى حقبة الحياة الحديثة ، حيث يرجع ذلك إلى دفء المناخ ، وانتشار الغابات الكثيفة التى تنوعت فيها الأشجار العاريات البذور ؛ مثل الصنوبر ، والأرز ، وكذلك الأشجار المغطاة البذور ؛ مثل الحور والنخيل والكافور ، بالإضافة إلى أنواع هائلة من الحشائش والنباتات الحولية التى مازال بعضها موجودا حتى الان .

ومن الفطريات الأسكية الحفرية الأخرى التى تم إكتشافها ، فطريات بائدة تشابه بعض الأجناس المعاصرة ؛ مثل *Termatosphaeria* ، و *Rosellinia* ، و *Hypoxylon* ، بالإضافة إلى فطر حفرى محلل للجنين هو *Cryptocolax clarnesis* الذى يشابه الفطر المعاصر *Xylogone sphaerospora* .

ومن ناحية أخرى ، ظهرت بعض التراكيب الفطرية ، مثل هيفات وجراثيم لفطريات حفرية محفوظة داخل كتل من الكهرمان . وعادة ما يتم تكوين مثل هذه الحفريات الفطرية عندما تلتصق هيفات الفطر وجراثيمه خلال نموها على المجموع الخضرى بمادة صمغية لزجة تفرزها الأشجار الصنوبرية ، حيث ينطمر الصمغ فيما بعد فى الأرض ، ويتحول إلى كهرمان .

وعادة ما تحتوى مثل هذه الحفريات على تركيبات فطرية ، خاصة تلك القادرة على البقاء دون تحلل ، مثل الجراثيم الأسكية ذات اللون الداكن والجدار السميك . ومن الأجناس التى وجدت فى حبات الكهرمان : *Torula* ، و *Ganotobotrys* ، و *Cladosporium* ، و *Paecilomyces* .

ولقد اهتم عديد من الباحثين بدراسة التركيب الدقيق لجراثيـم بعـض الفطريـات ، ومحـاولة تتبـع تطـورها ، بالمقارنـة مـع الفطريات المناظرة المعاصرة ، مثـال ذلك أبحاث Powell (1978)، و Barr (1981)، و Petit & Schneider (1983)، و Cavalier-Smith (1983- 1987) .

ومن الدراسات الحديثة فى مجال الحفريات الفطرية ، ما نشره White & Taylor الباحثان بمركز بحوث النبات بجامعة ولاية أوهيو Ohio بالولايات المتحدة عام ١٩٨٨ بعنوان " فطر من العصر التيرياسى من قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى واحتمالية نسبة إلى الفطريات الأسكية " .

ويتعرض هذا البحث لأحد الفطريات الحفرية الذى اكتشف لأول مرة ، حيـث تـم جمع ٢٥ عينة من طبقات رسوبية من قمة جبل فريمو Fremouw ، الواقعـة ضمـن سلسلة جبال القطب الجنوبى ، والتى كانت تحتوى أيضا على بعض الحفريات المرشدة التى تعود إلى بداية العصر الترياسى الأوسط Lower Middle Triassic age ، منـذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

وعندما فحصت هذه العينات ميكروسكوبيا ، شوهدت أجسـام ثمريـة ذات جـدار مركب ، تحتوى على تجويف داخلى بيضاوى الشكل، وتحمل على سطحها الخـارجى زوائد هيفية . ولقد أطلق الباحثان على هذا الفطر الحفرى اسـم *Endochaetophora antarctica* . ويشير اسم الجنس إلى وجود الزوائد الهيفية ذات المنشأ الداخلى علـى سطح الجسم الثمرى ، بينما يرجع اسم النوع إلى المكان الذى تم الحصول منـه علـى العينة السابقة ، وهو قارة انتاركتيكا .

ويتراوح قطر الجسم الثمرى بين ٣٥٠ ميكرونا و ٥٠٠ ميكرون ، ويتميز بوجـود فتحة وحيـدة فى قمته ، بينما يتكون جـدار الجسم الثمرى من ثلاث طبقات عديـدة الخلايا (شكل ٢ – ٦) . وتخرج زوائد هيفية غير متفرعة من خلال جدار الجسـم الثمرى ؛ حيث تتوزع بانتظام على السطح الخارجى . ويتميز مركز الجسم الثمرى بأنه مجوف ، وقد يحتوى أحيانا على جراثيم بيضاوية الشكل ، ذات جدار محبب ، قطرها ١٢ – ١٦ ميكرونا .

ولقد وجدت هذه الأجسام الثمرية مبعثرة بطريقة فردية ، وأحيانا كانت متجمعة فـى أعداد صغيرة تتراوح بين جسمين و خمسة أجسام ثمرية ، بالإضافة إلى وجود هيفات وقطع هيفية وكونيديات مفصلية arthroconidia وميسليوم متموج .

وعند عمل قــطاع فى الجسم الثمرى ، وجد أن الطبقــة الداخــليـــــة للجـــدار يتــراوح سمكها بيـــن ١١ ميكـــرونا و ١٨ ميكـــرونا ، وتتـــكون من خلايا متشابهة (شكل ٢ – ٦ – ١٠) ، يبلغ قطرها ٢ – ٦ ميكـــرونات ، بينما تتمـــيز الطبقـــة الوسطى (شكل ٢ – ٦ – ١٢) بأنها أكثر سمكا ؛ حيث يتــراوح ســمكها بيـــن ٥٥ ميكرونـــا و ٧٦ ميكـــرونا ، وتتـــكون مـــن خـــلايا صغيـــــرة مضلعــــة يبلـــغ قطرها ٣ – ١٠ ميكـــرونات. أما الطبقـــة الخارجية (شكلى ٢ – ٦ ، و ١٠ ، ١١)، فيبلغ سمكها ١١ – ١٤ ميكـــرونا ، ويبدو أنها تتكون من نفس الخلايا المكونة للطبقـــة الداخلية .

وينفتح الجسم الثمرى بفتحة صغيرة ostiole ، يبلغ قطـــــرها ٣٥ – ٥٠ ميكرونا (شكل ٢ – ٦ – ١٥) ، ذات حافة قصيرة (شكل ٢ – ٦ – ٩) ، حيث يظهر جدار الجسم الثمرى رقيقا فى هذه المنطقة (شكلى ٢ – ٦ – ٩ ، ١٠) ، ولا تشـــاهد فيـــه الطبقة الوسطى .

ويوضح الفحص الخارجى لجدار الجسم الثمرى وجود عديد من الزوائد الهيفية تبدو خارجة من الطبقة الداخلية للجدار (الأشكال ٢ – ٦ – ٨ ، ١٣ ، ١٥) . وتتميز هذه الزوائد الهيفية بأنها غير مقسمة ، وغير متفرعة ، ولا تتوزع بانتظـــام علـــى ســـطح الجسم الثمرى .

ويبلغ طول الزوائد الهيفية أكثر من ١٢٥ ميكرونا، وقطرها ٤,٥ – ١٠ ميكرونات، وهى تبدو منحنية قليلا على محورها . وعند عمل قطاع عرضى فى هـــذه الزوائـــد الهيفية ، يظهر تجويف داخلى على شكل بقعة داكنة اللون فى المركز ، بينما يظهر هذا التجويف فى القـــطاع الطولى على شـــكل خط داكن اللون علـــى طـــول الزوائـــد الهيفية (شكل ٢ – ٦ – ١٣) .

وعند فحص الأجسام الثمرية لهذا الفطر ، وجد أن بعضها يحتوى على جراثيم ذات شكل بيضاوى (شكل ٢ – ٦ – ١٤) يـــتراوح قطرهـــا بيـــن ١٢ ميكرونـــا و ١٦ ميكرونا، سميكة الجدار وذات سطح محبب ، إلا أنه لم تشاهد أكياس أسكية أو خلايـــا مولدة للجراثيم داخل الجسم الثمرى .

ولقد وجد مع هذه الأجسام الثمرية عديد من التجمعات الهيفية (شكلى ٢–٦–٣،٤)، ذات تجاويف طولية ، تشبه تلك التى شوهدت فى الزوائد الهيفية . ويبلغ طـــول هـــذه

الهيفات ٢٩ – ٦٠ ميكرونا . وعند دراسة هذه الهيفات ميكروسكوبيا ، لوحظ احتمال أن تكون هذه الهيفات هى المكونة للكونيديات المفصلية .

ومن ناحية أخرى ، شوهدت أطراف لـهيفات فطرية (شكل ٢ – ٦ – ٥) ، ظهرت فيها – أيضا – التجاويف الطولية السابق ذكرها ، والتى يمكن اعتبارها نموات الميسليوم الفطرى حيث كانت مصاحبة لأجزاء نباتية متحللة .

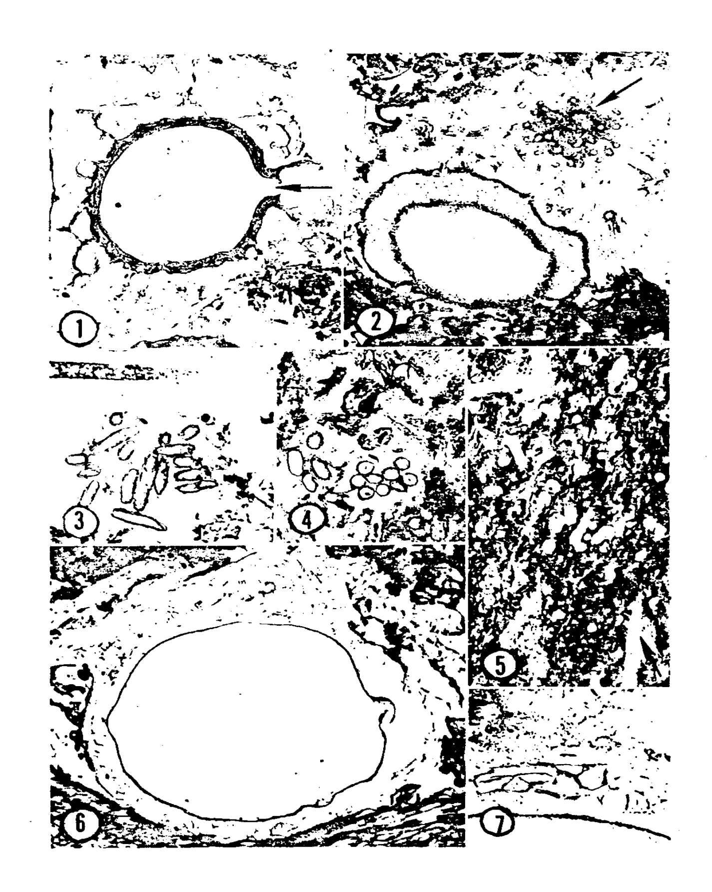
ومع استمرار دراسة تركيب الأجسام الثمرية لهذا الفطر الحفرى ، وجد أنها تختلف بعضها عن بعض ؛ نتيجة اختلاف مراحل تكوينها ، وإن كانت الصفات التركيبية للجدار الثمرى متشابهة . ولقد لوحظ أن جدار الجسم الثمرى يتركب من ثلاث طبقات ، عدا منطقة الفوهة ostiole (شكلى ٢ – ٦ – ٩ ، ١٠) ؛ حيث تتحد الطبقتان الداخلية والخارجية معا لتكوين جدار وحيد ، بينما تختفى الطبقة الوسطى فى هذه المنطقة .

وفى المناطق التى تظهر فيها الزوائد الميسليومية على جدار الجسم الثمرى ، يظهر المنشأ الداخلى لها ، والذى يعتقد أنه نتيجة نمو الخلايا المضلعة المكونة للطبقة الوسطى إلى الخارج .

ويبدو أن هناك علاقة وثيقة من ناحية الشكل الخارجى بين الأجسام الثمرية للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* ، والأجسام الثمرية الأسكية الدورقية perithecia والأوعية البكنيدية pycnidia لعديد من الفطريات الأسكية ، إلا أنه – فى الوقت نفسه – توجد عديد من الاختلافات الجوهرية بينهما .

ففى الفطريات الأسكية المعاصرة ، يلاحظ أن جدار الجسم الثمرى يتكون من هيفات فطرية محبوكة ، تكون نسيجا بارانشيما كاذبا . كما أن الزوائد الهيفية الموجودة على سطح الجسم غالبا مقسمة ، وذات منشأ خارجى . وبالإضافة إلى ذلك ، لا يشاهد فى جدار الأجسام الثمرية الأسكية المعاصرة طبقة وسطية ، مثل تلك التى تشاهد فى الفطر الحفرى *E. antarctica* .

ومن الصفات التى يتميز بها الفطر الحفرى السابق ، وجود هيفات ذات تجويف داخلى ضيق ، تشابه فى شكلها الخارجى الهيفات الهيكلية والرابطة التى تميز عديدا من الفطريات البازيدية المعاصرة . كما لوحظ أن بعض قطع الهيفات القصيرة ، لـها نفس التجويف الداخلى الضيق ؛ مما يجعلها تشابه الكونيديات المفصلية arthroconidia التى تكونها عديد من الفطريات المعاصرة ؛ مثل *Geotrichum* و *Collybia* .


1
2
3
4
5
6
7

شكل (٢ – ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica*.

1 – قطاع فى الجسم الثمرى sporocarp يوضح الفتحة ostiole ذات الفوهة البارزة (انظر السهم) .

2 – جسمان ثمريّان ، الأسفل يوضح الجدار العديد الطبقات ، بينما يوضح الجسم الثمرى الآخر (المشار إليه بالسهم) قطاعا طوليًا يظهر فيه التشعع والزوائد الملتصقة .

3 – مجموعة من الكونيديات المفصلية arthroconidia ، فى قطاع طولى .

4 – كونيديات مفصلية فى قطاع عرضىّ يوضح التجويف المركزى الضيق .

5 – مجموعة من الهيفات الجسدية (مشار إليها بالسهم) نامية فى مادةٍ عضويةٍ متحللة.

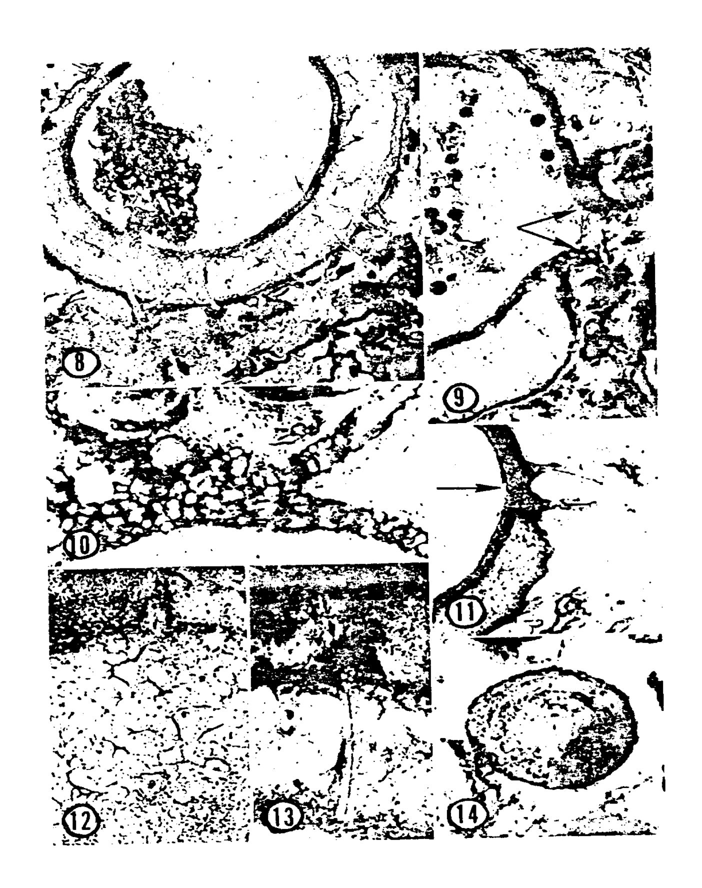
6 – تجمع ميسليومى يكوّن تركيبا كرويًا .

7 – شكل تفصيلى للميسليوم فى جدار التركيب الكروى ، يوضح طبيعة الهيفات الفطرية .

وعلى الرغم من مشاهدة بعض الجراثيم داخل بعض الأجسام الثمرية للفطر الحفرى السابق ، إلا أن طريقة تكوينها ليست معروفة ، كما أن غياب بعض التركيبات الهامة (مثل الأكياس الأسكية ، والحوامل البازيدية ، والروابط الكلابية clamp connections) يجعل من الصعب نسب هذا الفطر الحفرى إلى أىّ من الفطريات الأسكية أو البازيدية ، وخاصة أن هيفات هذا الفطر غير مقسمةٍ .

ولقد واجه العديد من الباحثين والدارسين للفطريات الحفرية مشاكل مشابهة ؛ فمثلا لم تشاهد هيفات مقسمة للفطر الحفرى التابع للجنس *Traquairia* ، على الرغم من احتمال وجود أكياس أسكيةٍ داخل أجسامه الثمرية (Stubblefield & Taylor, 1983 ; Stubblefield et al., 1983) .

وربما تُقدم مثل هذه الفطريات الحفرية دليلاً على وجود حلقاتٍ مفقودةٍ فى سلسلة تطور الفطريات الراقية من أسلافٍ مشتركةٍ ، تطورت بعد ذلك فى اتجاهاتٍ متعددةٍ إلى الفطريات البازيدية والأسكية المعاصرة . ولهذا السبب يعمد كثير من الباحثين إلى دراسة الفطريات البدائية المعاصرة (الزيجية) والطحالب ؛ للبحث عن بعض الأدلة التى يمكن الاعتماد عليها ؛ لدعم نظرية تطور الفطريات ، والتى لم يستطع ما تم العثور عليه حتى الآن من الحفريات الفطرية تقديمها .


8
9
10
11
12
13
14

تابع شكل (٢ – ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica*.

8 – قطاع فى جدار الجسم الثمرى المتعدد الطبقات ، يوضح منشأ الزوائد الهيفية من طبقة الجدار الداخلى .

9 – قطاع فى الجسم الثمرى خلال الفتحة (الفوهة) ostiole .

10 – الخلايا المتساوية الأقطار لجدار الجسم الثمرى عند الفوهة .

11 – منطقة جدار الجسم الثمرى توضح التطور غير الكامل (مشار إليها بالسهم) .

12 – شكل تفصيلى للمنطقة الوسطى لجدار الجسم الثمرى توضح طبيعة الخلايا المضلعة.

13 – الزوائد الهيفية الناشئة من الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى . لاحظ التجويف الضيق فى الخلايا .

14 – جراثيم الفطر مكبرة ، ويظهر الجدار الخلوى المحبب .

وفى النهاية ، يعتقد الباحثان (White & Taylor (1988 – فى هذه الدراسة الشائقة – أن منشأ الفطريات الأسكية يعود إلى العصر الطباشيرى ؛ وعلى ذلك فإن الفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* قد يكون سلفا للفطريات الأسكية المعاصرة ؛ حيث ترجع نشأته إلى حوالى ١٣٥ مليون سنة مضت .

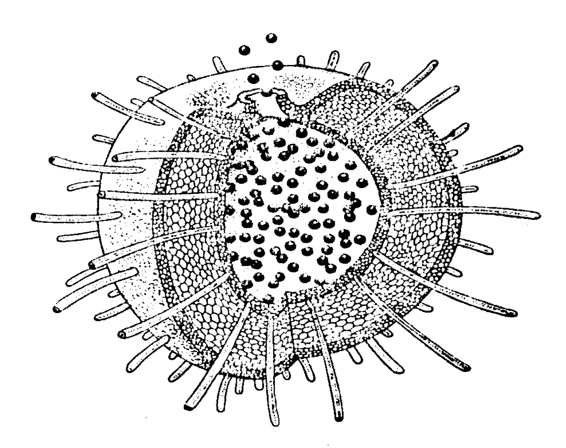
ولقد استكمل الباحثان السابقان دراستهما على الفطريات الحفرية (Taylor & White, 1989) ، فى بحث بعنوان " الفطريات الحفرية التابعة للعائلة Endogenaceae من العصر التيرياسى فى قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى " .

وفى هذه الدراسة ، شاهد الباحثان تركيبات معقدة لأجسام ثمرية جرثومية sporocarp أكثر تعقيدا ؛ وبالتالى أكثر تطورا من أشباه أجناس الفطريات الحفرية السابق وصفها .

ولقد سبق مشاهدة تراكيب فطرية تشابه هذه الأجسام الثمرية فى رواسب العصر الديفونى Devonian ، التابع لحقبة الحياة القديمة الثانية Newer Plaeozoic منذ حوالى ٣٥٠ مليون سنة مضت .

وفى هذه الدارسة الحديثة (١٩٨٩) ، تم فحص رواسب حفرية تابعة للعصر التيرياسى Triassic التابع لحقبة الحياة الوسطى Mesozoic ، مأخوذة من قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى ؛ حيث ظهرت أشكال من الأجسام الثمرية تتشابه فى شكلها الخارجى مع أشكال لأجسام ثمرية لفطريات حفرية وجدت مطمورة فى

رواسب لمخلفات عضوية من العصر الكربونى Carboniferous التابع لحقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic .



شكل (٢ - ٧) : رسم تخيلى مجسم لإعادة تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* **، مع قطاع يوضح نشأة الزوائد الهيفية وشكل الجراثيم الداخلية وطريقة تحررها من فوهة الجسم الثمرى.**

وكان أول تسجيل لمثل هذه الأجسام الثمرية الفطرية فى عينات نباتية فحمية ترجع إلى العصر الكربونى فى دراسات قام بها عام ١٨٨٠ الباحث الإنجليزى Williamson؛ حيث اكتشف أحد هذه الفطريات الحفرية ، وأطلق عليه اسم *Sporocarpon pachyderma* ، إلا أن Hutchinson عدل هذا الاسم إلى *Mycocarpon pachyderma* (Wiliamson) Hutchinson وذلك عام ١٩٥٥ .

ولقد وصف Hutchinson (1955) ثلاثة أنواع فطرية أخرى تتبع شبه الجنس الحفرى السابق ؛ وهى : *M. ornatus* ، و *M. bimuratus* ، و *M. flexus* .

وفى دراسة متقدمة أخرى لهذا الفطر الحفرى ، وجد كل من Stubblefield & Taylor (1983) أن الفطر الحفرى *Mycocarpon ornatus* هو أحد أنواع شبه الجنس الحفرى *Traquairia* الذى كان منتشرا فى العصر الكربونى .

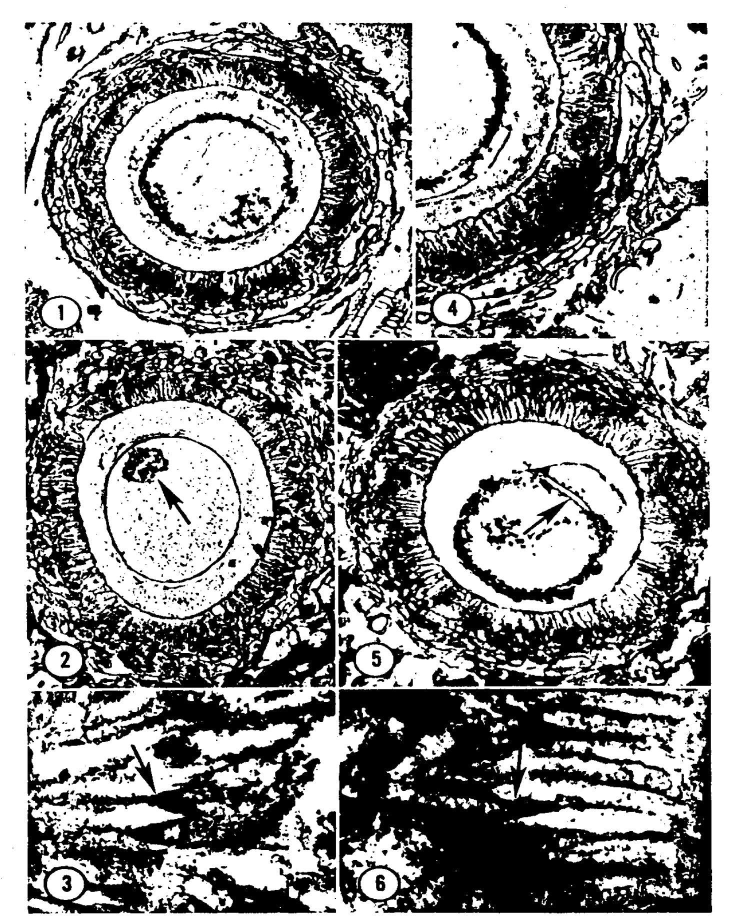
وفى الدراسة التى قام بها Taylor & White عام ١٩٨٩ على الفطريات الحفرية فى قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى – والتى تتبع العصر التيرياسى – وجد أن معظم العينات التى تم فحصها كانت عبارة عن أجسام ثمرية مقفولة تشبه تلك الأجسام الثمرية الخاصة بالفطر الحفرى *Mycocarpon flexus* ، مع وجود بعض الاختلافات المظهرية .

ولقد تم جمع عينات متحجرة ، حل فيها عنصر السليكا محل جزئيات المادة العضوية ؛ وذلك من قمة فريمو Fremouw بجبال قارة انتاركتيكا عام ١٩٨٥ عن طريق الباحثين Smoot ، و Taylor ، و Delevoryas . ولقد وجد بعض الفطريات الحفرية فى هذه العينات الرسوبية ترجع إلى العصر التيرياسى المتوسط Early-Middle Triassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic ، منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

وأوضحت الدراسة تعريف الأجسام الثمرية للفطر الحفرى على أنه *Mycocarpon asterineum* Taylor & White ؛ حيث يشتق اسم النوع من اللاتينية asterineus بمعنى مشعع radiating ؛ ويرجع ذلك إلى الأخاديد المحفورة على الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى .

ولقد وجدت الأجسام الثمرية لهذا الفطر الحفرى فردية ومبعثرة ، حيث كانت مصاحبة – عادة – لأجزاء نباتية متحللة جزئيا . والجسم الثمرى كروى الشكل يتراوح قطره بين ٢٠٠ ميكرون و٤٥٠ ميكرونا ، ذو تجويف داخلى مركزى ؛ قطره ١٥٠ – ١٩٠ ميكرونا (أشكال ٢ – ٨ – ١ ، ٢ ، ٥) . ويتكون الجدار الثمرى (شكل ٢ – ٨ – ٤) من طبقتين واضحتين ؛ الطبقة الخارجية تتركب من هيفات الفطر ، بينما تظهر الطبقة الداخلية غير خلوية مخططة . ويبلغ سمك الطبقة الداخلية (الأشكال ٢ – ٨ – ٣ ، ٤ ، ٧) ١٨ – ٣٥ ميكرونا؛ حيث تحتوى على قنوات قطرية عديدة ذات شكل مستقيم ولون داكن .

وتمتد الخلايا المكونة للطبقة الخارجية الميسلومية بطول القنوات القطرية (الاشكال ٢ – ٨ – من ٣ إلى ٧) . ويبلغ سمك هذه الطبقة ٣٠ – ٤٠ ميكرونا ، وتتركب من ٣ – ٥ طبقات من الهيفات المحبوكة . وتميزت الهيفات الفطرية بأنها مقسمة ومختلفة القطر ، يتراوح قطرها بين ٥ ميكرونات و ٢٥ ميكرونا (شكل ٢ – ٨ – ٩ السهم) .



شكل (٢ – ٨)

شكل (٢ – ٨) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* .

1 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى . يوضح الطبقة الداخلية للجدار محاطة بطبقةٍ خارجيةٍ من الهيفات الفطرية (معدل التكبير ١٧٦ مرة).**

2 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح الجرثومة الكبيرة الموجودة فى الجسم الثمرى ، بينما تظهر المحتويات السيتوبلازمية للجرثومة كمخلفاتٍ مجعدةٍ (السهم) . (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .**

3 – **قطاع يوضح الخلايا المتراكمة (السهم) الموجودة فى القنوات القطرية للطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .**

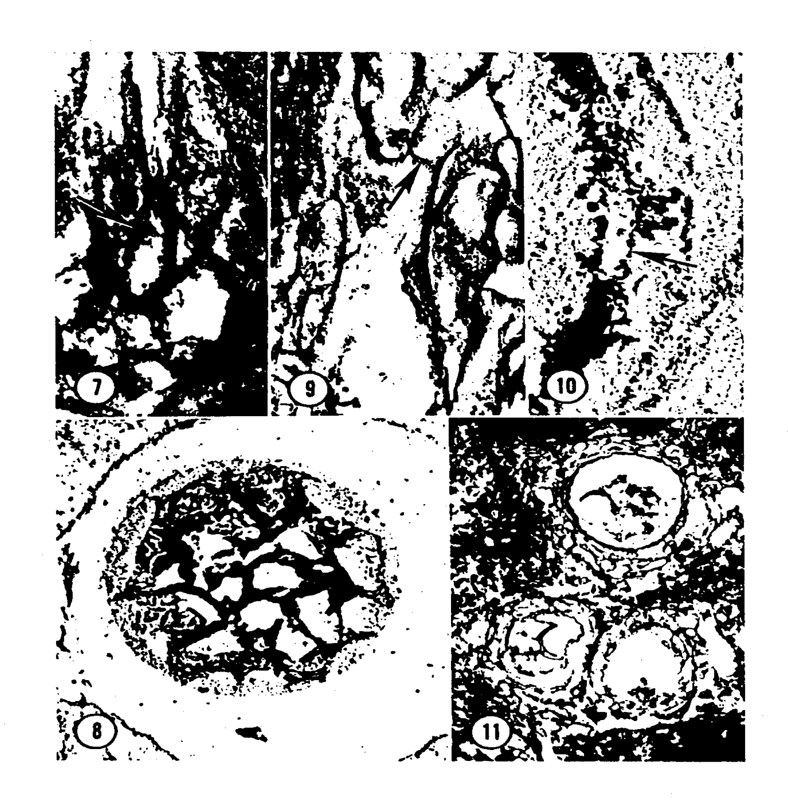
4 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح مدى الترابط بين الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى وطبقة الهيفات الخارجية (معدل التكبير ٢٧٥ مرة) .**

5 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح الخطوط القطرية فى طبقة الجدار الداخلى ، والجرثومة الكبيرة المركزية ، والسهم يوضح الخلايا المهشمة (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .**

6 – **قطاع يوضح القنوات القطرية ذات الشكل المستقيم واللون الداكن الموجود فى الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .**

ويوجد فى تجويف الجسم الثمرى جرثومة وحيدة كبيرة الحجم ، يبلغ قطرها ١٥٠ – ١٩٠ ميكرونا (الأشكال ٢ – ٨ – ١ ، ٢ ، ٥) ، ذات جدار أملس قطره ٤ – ٥ ميكرونات (شكل ٢ – ٨ – ١٠ سهم) . وفى معظم القطاعات ظهر الجدار الخلوى مغطى بمواد داكنة اللون ، قد تمثل تراكيب منكمشة للجسم الثمرى كانت تحيط بالجرثومة (شكلا ٢ – ٨ – ٥ ، ١٠) . كما ظهر عديد من الخلايا كبيرة الحجم فى فراغ ما يمكن اعتباره أجساما ثمرية غير ناضجة (شكل ٢ – ٨ – ١١) ، هذه الخلايا تتحلل وتتلاشى عندما يتم تكوين ونضج الجرثومة ؛ حيث تظهر بقاياها ملتصقة بالجرثومة (شكلا ٢ – ٨ – ٢ ، ٥) .

وبدراسة صفات هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* ، لوحظ عدم وجود نظير له بين الفطريات المعاصرة ؛ وبالتالى يصعب تصنيفه وإيجاد مكان له فى التقسيم الحديث . وعلى الرغم من ذلك فإن تركيب الجسم الثمرى المعقد يضع هذا الفطر فى مرتبة الفطريات الراقية ، ولكن بعض صفاته الأخرى تدل على بدائيته . وهذا يدل على أن هذا الفطر يقع فى حلقة وسطية بين الفطريات البدائية والراقية فى سلسلة تطور الفطريات .



تابع شكل (٢ – ٨)

تابع شكل (٢ – ٨) : 7 – يوضح السهم ظهور خلية رفيعة من طبقة الهيفات المحبوكة (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .

8 – قطاع تماسى للجرثومة داخل الجسم الثمرى يوضح البقايا الشبكية المجعدة لمحتويات الجسم الثمرى (معدل التكبير ٤٤٠ مرة) .

9 – قطاع فى طبقة الهيفات الخارجية للجسم الثمرى – يشير السهم إلى مكان الجدار الفاصل فى هيفا الفطر (معدل التكبير ٤٤٠ مرة) .

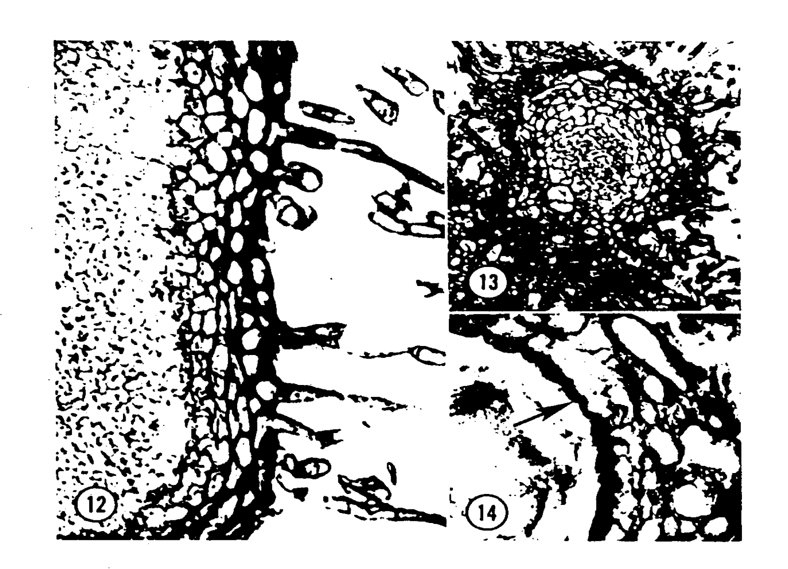
10 – يوضح السهم جدار الجرثومة داخل الجسم الثمرى (معدل التكبير ١١٠٠ مرة) .

11 – ثلاث جراثيم غير ناضجة فى وسط مادة البيت الحفرى.

فعلى سبيل المثال ، يعتبر وجود جرثومة وحيدة فى الجسم الثمرى وغياب وسيلة انتشار فعالة لتحرير الجرثومة من الصفات البدائية التى تشاهد فى بعض الفطريات الزيجية المعاصرة ، بينما وجود التركيب المعقد للجسم الثمرى يضع هذا الفطر فى مرتبة الفطريات الراقية (الأسكية والبازيدية) . وعلى الرغم من هذا التركيب المعقد للجسم الثمرى ، فإن وجود الطبقة غير الخلوية فى الجدار الداخلى تجعله مختلفا اختلافا جوهريا عن الأجسام الثمرية للفطريات الراقية المعاصرة .

ففى الأجسام الثمرية الأسكية المقفولة cleistothecia والأجسام الدورقية perithecia للفطريات المعاصرة ، نلاحظ تكوين جدار الجسم الثمرى مبكرا وتمدده لتكوين الجسم الثمرى ؛ حيث يتركب من هيفات محبوكة (شكل ٢ – ٨ – ١٢ ، ١٣) ، ومع استمرار التطور ، تستمر هيفات الجدار الخلوى فى الاستطالة فى مستوى متعامد على اتجاه تمدد الجسم الثمرى . وخلال تكوين الجدار الخلوى ، تنثنى بعض الهيفات الفردية لتكوين نسيج بارانشيمى كاذب pseudoparenchyma .

وعند مقارنة ذلك بتكوين الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* نجد أن الطبقة الداخلية غير الخلوية سميكة (شكل ٢ – ٩) ، تكونها طبقة الهيفات الخارجية (شكل ٢ – ١٠) ذات الهيفات المتداخلة المحبوكة التى لا تفقد فرديتها ، ولا تكون نسيجا بارانشيميا كاذبا ، وهذا النسيج يميز الأجسام الثمرية الأسكية المعاصرة .



تابع شكل (٢ - ٨)

تابع شكل (٢ - ٨) : 12 - قطاع فى جدار جسم ثمرىّ ناضج للفطر المعاصر *Paraphoma* sp. يوضح طبقات النسيج البارانشيمى الكاذب الجيدة التكوين (معدل التكبير ١٠٠ مرة) .

13 - قطاع فى جسم ثمرىّ غير ناضج للفطر المعاصر *Botryospheria* sp. يوضح النسيج البارانشيمى الكاذب المكون لجدار الجسم الثمرى ، والمركز المتعدد الخلايا (معدل التكبير ٤٠٠ مرة) .

14 - قطاع فى جسم ثمرىّ غير ناضج للفطر الحفرى *Mycocarpon* يوضح الهيفات الفطرية المحبوكة ، والمندمجة مع الجزء الداخلى للجسم الثمرى (معدل التكبير ١١٠٠ مرة) .

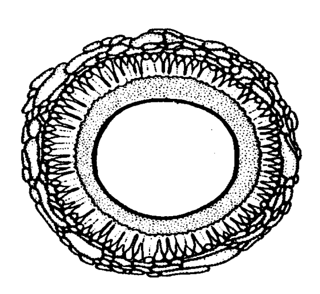
ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد أن هيفات هذا الفطر الحفرى نادرة التقسيم ، وهذه صفة أخرى تجعل هذا الفطر الحفرى بعيداً فى صفاته عن الفطريات الأسكية المعاصرة . كما يلاحظ أيضاً أن هذه الفطريات الأسكية المعاصرة تتميز بوجود بعض التركيبات الهامة ، مثل الجاميطات الأسكية المؤنثة ascogonia ، والهيفات المولدة للكيس الأسكى ascogenous hyphae ، بالإضافة إلى الأكياس الأسكية asci ذات الشكل المستطيل أو الكروىّ ، والجدار الخلوى المتباين السمك .

وبمقارنة الصفات السابقة بصفات الجسم الثمرى للفطر الحفرى تحت الدراسة ، نجد أن الجسم الكروى الموجود فى فراغ الجسم الثمرى يتركب من غلاف صلب ، بينما لم تشاهد به أية جراثيم داخلية ؛ أى إن هذا الجسم الكروى عبارة عن جرثومةٍ وحيدةٍ ذات جدار صلبٍ أملس وليس كيساً أسكيًّا ؛ وهذا يدل على أن هذا الفطر الحفرى ليس فطراً أسكيًّا .

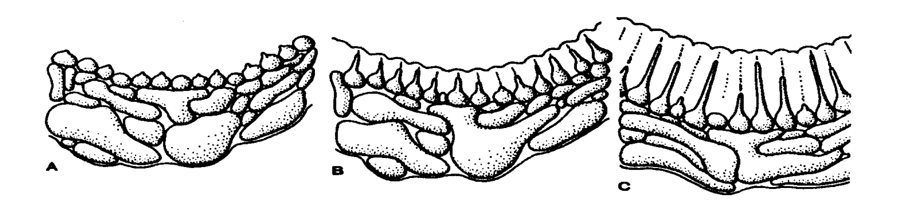
ويدل وضع الجرثومة الكبيرة داخل الجسم الثمرى - الذى يتركب جزئيًّا من هيفاتٍ فطريةٍ - على أن هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* يشبه فى تركيبه الفطريات الزيجية التابعة للعائلة Endogonaceae ؛ وهى مجموعة من الفطريات تتميز بالجراثيم الكبيرة الحجم، محاطة بجسم ثمرىّ يحميها . كما توجد فى هذه العائلة بعض الفطريات ذات الميسليوم المقسم (Gerdemann & Trappe, 1974) .

ومن ناحيةٍ أخرى ، تُظهر الأجسام الثمرية لبعض الفطريات الأسكية المعاصرة بعض الصفات البدائية ؛ كما هى الحال فى الأجناس *Traquairia* Williamson، و *Dubiocarpon* Hutchinson ، و *Coleocarpon* Stubblefield et al ،

و *Endochaetophora* White & Taylor ؛ حيث يتركب جدار الجسم الثمــرى مــن طبقة داخلية غير خلوية ، بينما تكون الهيفات المكونة للطبقة الخارجيـــة ذات طبيعــة فردية ، ولا يوجد نسيج بارانشيمى كاذب .



شكل (٢ - ٩) : رســم تخطيطى للجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* يوضح طبقات الجدار والجرثومة الداخلية الوحيدة .



شكل (٢ - ١٠) : رســم تخطيطى يوضح مراحل تطور جدار الجسم الثمـــرى للفطـــر الحفـــرى *Mycocarpon asterineum*

A – جدار غير ناضج ، يحتوى على هيفات خارجية مندمجة .
B – تغليظ الجدار الداخلى ، وإفراز مواد متراكمة داخليا من الطبقة الداخلية.
C – طبقات الجدار الخارجى قبل تمام نضج الجسم الثمرى ، حيث تبدو أقـــل اندماجا، بينما تبدأ خلايا الطبقة الداخلية للميسليوم فى التحلل .

ومن الصفات البدائية الأخرى فى الأجناس السابقة ، وجـــود طبقـــة مـــن الخلايـــا المضلعة التى تبدو كالنسيج البارانشيمى الكاذب فى الجدار الخارجى للجســـم الثمـــرى للجنس *Endochaetophora* ، ووجود تركيبات كروية الشكل ذات جدار سميك داخـــل الجسم الثمرى للجنس *Dubiocarpon* ، والجنس *Coleocarpon* ، وهـــذه التركيبـــات كانت خالية من الجراثيم الداخلية ؛ ومن ثم فهى ليست أكياسا أسكية ، ولكنها جراثيـــم تشبه تلك التى يكونها الفطر الحفرى البائد *Mycocarpon asterineum* .

وعند مقارنة الجراثيم التى يكونها الفطر الحفرى السابق بالحويصلات التى تكونـــها فطريـــات الميكورهـــيزا الحوصليـــة ذات التفرعـــات الشجيريـــة التابعـــة للعائلـــة Endogonaceae المعاصرة ، نجد تشابها واضحا بينهما ؛ ومن ثم فإنه يمكن اســـتنتاج أن جراثيم الفطر الحفرى السابق تمثل أسلافا بائدة لفطريات معاصرة ؛ فقد تكون أسلافا لفطريات تابعة للعائلة Endogonaceae أو لفطريات أسكية مكونة أجساما ثمرية مقفولة أو ذات فتحة .

وربما تكون سلسلة تطور هذه الفطريات فى اتجاه الفطـــر الحفـــرى إلـــى العائلـــة Endogonaceae ، ثم تطورت الأجسام الثمرية للعائلة السابقة إلى فطريـــات أســـكية راقية ؛ حيث تطورت الجراثيم الداخلية لتكون أكياسا أســـكية (Cavalier & Smith, 1987) . وربما يؤكد ذلك وجود بعض الجراثيم الداخلية فى بعـــض جراثيـــم الفطـــر الحفرى السابق ، بينما لم تشاهد الهيفات المولدة للأكيـــاس الأســـكية . ومـــازال هـــذا الموضوع يحتاج إلى مزيد من الدراسات لتوضيح مدى احتمال أن يكون هـــذا الفطـــر الحفرى سلفا للفطريات الأسكية .

وتوضح أبحاث (Pirozynski (1976 أن الظهور المفاجئ للفطريـــات الأســـكية المعاصرة على أوراق النباتات ، يدل على أن تطور هذه الفطريات بدأ مـــن العصـــر التيرياسى Triassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic ، وكذلك تؤكـــد أبحـــاث Heath, 1987 أن هذا الظهور المفاجئ للفطريات الأسكيـــة فى العصـــر التيرياســـى يعتبر انعكاسا منطقيا لظهور وانتشار النباتات الأرضية . ولقد أوضحـــت كثـــير مـــن الدراسات على الحفريات الفطرية فى العصور الســـابقة للعصر الترياســـى – وذلـــك خلال حقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic – أن الفطريات الحفرية كـــانت تكون أجساما ثمرية مقفولة تفتقر إلى آلية فعالة لنشـــر جراثيمها ؛ وبالتـــالى تحـــررت مثل هذه الأجسام الثمرية عن طريق سقوطها على التربة أو المواد العضوية النباتية .

ويدل وجود مثل هذه الأجسام الثمرية فى حفريات تحتوى على بقايـــا نباتيـــة شبـــه متحللة (مثل البيت peat) على أن هذا الفطر الحفرى قـــد يكـــون مترممـــا ، بينمـــا الفطريات المعاصرة التابعة للعائلة Endogonaceae ذات علاقة تبادل منفعة (تكـــون علاقة ميكورهيزا VAM) مع جذور النباتات الـــوعائية ، وهكذا فإن دورها محـــدود فى تحليل المادة العضوية .

وحيث إن الفطريات سبقت النباتات البدائية فى استيطان اليابسة ، فإن ما سبق يدعم النظرية القائلة بأن النباتات استطاعت النمو على أليابسة ضاربة بجذورها فى التربـــة ، مستفيدة من علاقة تبادل المنفعة مع هذه الفطريات البدائية الأرضية ؛ لذا فإن هذا يـــدل على أن علاقة تبادل المنفعة كانت موجودة بين الفطريات البدائيـــة فى بيئتـــها المائيـــة وبين النباتات الأوليـــة المشتركة معها فى نفـــس البيئة ؛ حيث هيـــأت هـــذه العلاقـــة الفرصة الجيـــدة للنبـــاتات الأوليـــة للتـــأقلم على النمـــو علـــى البيئـــة الأرضيـــة القاســـية بمساعدة الفطريات.

ومنذ ظهور هذه النظرية ، أضيفت معلومات جديدة عن الفطريات الحفريـــة وعـــن تطور الفطريات ؛ فوجود جراثيم الفطر الحفـــرى *Mycocarpon asterineum* علـــى بعض المواد العضوية المتحللة جزئيا فى الحفريات السابقة ليس دليلا حتميا على وجود علاقة تبادل منفعة بينه وبين هذه النباتات ، فقد يكون هذا الفطر مترمما على هذه المواد العضوية . إلا أن وجود كونيديات هذا الفطر الحفرى على المواد العضوية للبيت فـــى العصر الديفونى Devonian قد يـــدل على أن هناك احتمالا لوجود نوع من المعايشـــة البيئية بين هذا الفطر والنباتـــات البدائية فى أوائل ظهورها على سطح الأرض .

وعلى ضوء ذلك فإن أمامنا نظرية بديلة ؛ وهى أن بعض الفطريات كـــانت تنمـــو على الشواطئ أو فى المستنقعات ؛ حـــيث تتراكم المواد العضوية ، ثـــم بـــدأت فـــى التطور والنمو على نباتات البيئة الأرضية . وبهذه الطريقة قامت الفطريـــات بتحليـــل المواد العضوية كمترممات أرضية ، ثم بدأت فى إنشاء علاقات متنوعة مـــع النباتـــات الوعائية البدائية . ويعتبر كثير من الباحثين أن تكوين الموطن الأرضى الخصب هـــو المقدمة التى أسهمت فى تطوير النباتات الأرضية وانتشارها على اليابسة .

وتعتبر العلاقة بين الفطريات المترممة والنباتات الأرضية البدائية علاقـــة غذائيـــة ضرورية متبادلة ؛ ففى الوقت الذى تحتاج فيه النباتات إلى عناصر غذائية يتم تحريرها

بفعل الفطريات المترممة ، فإن الفطريات المترممة تحتاج إلى مركبات عضوية معقـــدة يتم تكوينها بواسطة النباتات .

وهناك اعتقـــاد بأن الفطريات المكونة للميكورهيزا الداخلية ذات التفرعات الشجيرية (VAM) التابعة للعائلة Endogonaceae – والتى تنتشر حاليا فى جميـــع النباتـــات الوعائية – قد تطورت تدريجيا من الفطريات الأولية ، وربما استغرق هـــذا التطـــور لإنشـــاء علاقـــة تبادل المنفعة بين هذه الفطريات وجـــذور النباتات الوعائيـــة جـــزءا كبيرا من الدهر .

ومع ذلك فإن اكتشاف حفريات لفطريات بائدة ذات تكوينـــات تشبـــه الميكورهـــيزا الحوصلية ذات التفرعات الشجيرية فى رواسب العصر التيرياسى Triassic تدل علـــى أن هذه الفطريات كانت موجودة مع بداية حقب الحياة الوســـطى Early Mesozoic ، وربما قبل ذلك فى نهاية حقب الحيـــاة القديمة الثانى Late Newer Palaeozoic منـــذ حوالى ٢٥٠ مليون سنة مضت (Stubblefield et al., 1987) .

وعلى الرغم من المعلومات السابقـــة ، فمازال علم دراسة الفطريات الحفرية القديمة Paleomycology يحتاج إلى تضافر جهود الباحثين والعلمـــاء فـــى مجـــالات العلـــم المختلفـــة ؛ لأن دراسة الحفريات الفطرية تحملنا إلى الماضى البعيد وبيئتـــه وكائناتـــه الحيـــة البائدة . إنه عالم كان زاخرا بالحياة لم نعايشه ، ولكننا – على الأقل – يمكننـــا تصوره .

إن الفطـــريات التى حرمت من نعمة وجـــود الكلوروفيـــل ، اعتمـــدت – طـــوال العصـــور الماضية حتى عصرنا الحالى – على غيرها فى الحصول على الغذاء . لقد فقدت الفطريات أملها فى التطور والارتقاء ، ومازالت تعيش حياتها الأولية كأســـلافها القدماء منذ ملايين السنين . إنها شاهد حى على نشأة الحياة فى بيئتها القديمة ، ومازالت تحمل ذكراها البعيدة إلى عصرنا الحالى .

رابعاً ـ الفطريات الحفرية البازيدية :

أظهرت الدراسات التى أجريت على الحفريات الفطرية التابعة للعصـــر الكربونـــى Carboniferous وجود حفريات لفطريات بازيدية بائدة ، عبارة عـــن أجســـام ثمريـــة حفرية لبعض فطـــريات عيش الغراب الرفية الثقبية ، والتى تشابه الأجســـام الثمريـــة

لفطر عيش الغراب الثقبى المعاصر *Polyporus bowmanii* ، بالإضافة إلى أجسام ثمرية لفطريات عيش غراب ثقبية حفرية أخرى ، مثال ذلك : الفطر *Pseudopolyporus carbonicus* ، والفطر *Dactyloporus archaeus* .

وهناك أدلة أخرى تؤكد ظهور الفطريات البازيدية فى العصر الكربونى ، منذ أكثر من ٣٠٠ مليون سنة مضت ، مثل اكتشاف حفريات لهيفات فطرية مقسمة ذات روابط كلابية clamp-bearing mycelium للفطر الحفرى *Palaeancistrus martinii* ، وذلك فى خشب نبات وعائى حفرى يرجع للزمن البنسلفانى ، وكان ذلك أول تسجيل لفطر بازيدى فى ذلك العصر السحيق .

ومن ناحية أخرى ، ظهرت حفريات للفطر البازيدى *Phellinites digustoi* فى حفرية من خشب أشجار الأروكارية ، وهو أحد أشجار الفصيلة الصنوبرية ، من العصر الجوارسى Jurassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic منذ حوالى ١٥٠ مليون سنة مضت .

ونادراً ما وصفت فطريات بازيدية حفرية فى عينات ترجع إلى مرحلة ما قبل الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى . ولكن وجدت بعض الجراثيم التى تميز الفطريات البازيدية المتطفلة ، وكذلك شوهدت أجسام ثمرية لأنواع من فطريات عيش الغراب مثل الجنس البائد *Geasterites* من العصر الثالث Tertiary التابع لحقب الحياة الحديثة ، والجنس البائد *Fomes* من زمن البلستوسين Pleistocene age فى نهاية حقب الحياة الحديثة .

ولقد توالى بعد ذلك اكتشاف فطريات بازيدية أخرى بائدة ، عبارة عن أجسام ثمرية حفرية لفطريات عيش غراب ثقبية ، مثال ذلك : الفطر *Fomes fomentarius* ، وفطر عيش الغراب ذو الأسنان *Hydnum argillae* من العصر الميوسينى ؛ بالإضافة إلى حفريات لثمار من بعض فطريات عيش غراب نجوم الأرض البائدة ؛ مثل : *Geaster florissantensis* ، وفطر عيش الغراب الثقبى *Fomes idahoensis* من العصر التالى (البليوسينى Pliocene) ، منذ حوالى ١٣ مليون سنة مضت .

ومما سبق يتضح أن فطريات عيش الغراب الثقبية وذات الأسنان والفطريات الرفية التابعة لرتبة البولى بورات Polyporales ، وأيضا فطريات الكرات النافخة ونجوم الأرض التابعة للفطريات المعدية Gasteromycetes ظهرت وانتشرت فى حقب

الحياة الوسطى Mesozoic ، أى منذ حوالى ٢٢٥ مليون سنة مضت ، بينما لم تشـــاهد حفريات لفطريات عيش الغراب الخيشومية التابعة لرتبة الأجاريكالات Agaricales فى ذلك الوقت .

وقد يكون السبب فى ذلك راجعا إلى فشل الثمار اللحمية التى تكونها فطريات عيش الغراب التابعة لرتبة الأجاريكالات فى تكوين حفرية حقيقية ، ربما لعدم قدرة هذه الثمار على مقاومة التحلل الذاتى ، أو ذلك التحلل الناتج عن تطفل أو ترمم الأحيـــاء الدقيقـــة الأخرى عليها .

وعلى الرغم من الأسباب السابقة ، فلقد أمكن العثور على حفريات لبعض فطريات عيش الغراب الخيشومية البائدة ، عبارة عن هيفات ناميـــة علـــى قطـــع مـــن خشـــب الأشجار للفطر الحفرى *Agaricites* الـــذى يشابـــه الجنـــس المعـــاصر *Agaricus* . وبدراسة عمر هذه الحفرية ، وجد أنها ترجع إلى العصر الميوسينى Miocene التـــابع لحقب الحياة الحديثة ، أى منذ حوالى ٢٠ مليون سنة مضت .

وتدل النتائج السابقة على أن فطريات عيش الغـــراب الخيشوميـــة أحـــدث وأكـــثر تطورا من تلك الأنواع الثقبية وذات الأسنان ونجوم الأرض والكرات النافخة ، والتـــى ظهرت قبل الأنواع الخيشومية بحوالى ٢٠٠ مليون سنة .

ولكن يجب أن يوضع فى الحسبان أن كثيرا من فطريات عيش الغراب الخيشوميـــة الحفرية له علاقة ميكورهيزا خارجية مع عديد من الأشجار الصنوبرية ، ولعـــل هـــذا يكون سببا منطقيا لانتشار غابات الأشجار الصنوبرية التـــى كونـــت طبقـــات الفحـــم الاقتصادية ، وخاصة فى العصر الترياسى Triassic .

ولقد وجدت حفرية لهيفات فطرية فى خشب أحد النباتات السرخسية ترجـــع إلـــى الزمن البنسلفانى المتوسط Middle Pennsylvanian age ، الذى يتبع العصر الكربونى فى حقب الحياة القديمة (Dennis, 1969) ، وكانت هذه الهيفات ذات روابط كلابيـــة clamp connections لها حاجزان عرضيان ، أحدهما عند قاعدة الرابطـــة الكلابيـــة ، والثانية عند طرفها .

كما شوهدت بعض هيفات الفطر الحفرى السابق ذات روابط كلابية غـــير مكتملـــة التكوين ، أطلق عليها اسم الروابط الكاذبـــة pseudoclamps . وقـــد تتكـــون هـــذه

التراكيب من هيفات قصيرة وحيدة الخلية ، وقد يتكون فيها جراثيم كلاميديـــة وحيــدة النواة أو ذات نواتين .

ويعمل هذا التركيب على انتقال إحدى الأنوية الشقيقة من خلية إلى أخرى ، وهـــو يمثل مرحلة من دورة حياة الفطريات البازيدية . ونظرا لدوره المتخصص ، فإن وجود مثل هذه الزوائد الخطافية يعتبر دليلا قاطعا على طور الميسليوم الثانوى الثنائى الأنوية dikaryotic stage . وهو يدل – أيضا – على أن الفطر بازيدى ، حيث لم يثبت وجود هذا التركيب فى الفطريات الأسكية .

ومن سوء الحظ ، أن معظم التسجيلات الحفريـــة تحمـل قليــلا مــن الــتراكيب المتخصصة التى تشير إلى بداية ظهور الفطريات البازيدية ومراحل تطورها ، فــهناك العديد من نتائج الأبحاث التى أجريت على الفطريات البازيدية من عينات حفرية ترجع إلى حقب الحياة الوسطى Mesozoic Era .

ويشير أحد البحوث السابقة إلى وجــود هيفات ذات روابط كلابية محفوظـــة فــى خشب داخل عينة من الكهرمان ، ولكن لم يمكن تقــدير العمر الحقيقـــى لمثــل هــذه الحفرية ، إلا أنه يعتقد أنها ترجع إلى الزمن الأيوســـينى المتــأخر Late Eocene أو الزمن الأوليجـــوسينى المبكر Early Oligocene ، أى منذ حوالى ٣٦ مليـــون ســنة مضت .

ولقد وجد أن العينات الحفرية التى تم الحصول عليها – والتى ترجع إلــى العصــر البنسلفانى – قليلة الاحتفاظ بتراكيبها المميزة التى سبقت الإشارة إليها ، ممـــا يجعلــها صعبة المقارنة بالفطريات البازيدية المعاصرة . وعلى ذلك فـــإن وجــود الفطريـــات البازيدية فى مستهل حقبة الحياة القديمة Paleozoic مازال سؤالا مطروحا ، لــم يجــد إجابة شافية حتى الآن .

ومن ناحية أخرى ، توصلت الدراسات التى أجريت على الحفريات الفطرية – أيضا – إلى العثور على بعض الحفريات لفطريات الأصداء Fossils of rust-fungi ، حيث تدل هذه الحفريات على أن نشأة هذه المجموعة الهامة من الفطريات المتطفلـــة علــى المجموع الخضرى لعديد من العوائــل النباتيــة يرجــع إلــى العصــر الطبــاشيرى Cretaceous فى نهاية حقبة الحياة الوسطى ، ويمتد إلى بداية العصر الثلاثـــى Early Tertiary فى بداية حقبة الحياة الحديثة ؛ أى منذ حوالى ٧٥ مليون سنة مضت .

ويعتبر أول ما اكتشف من تكوينات فطرية حفرية تشبه تركيب البـــثرات التيليتيــة كانت للفطر البائد *Teleutospora millotii* وذلك فى العصـــر الكربونـــى ، أى منــذ حوالى ٣٢٠ مليون سنة مضت ، إلا أن ذلك صادفــه شــكوك قــوية فـــى صفــات الفطـــر الحفـــرى ، حيث كانت جراثيمه كبيـــرة الحجـــم ، بالمقارنـــة بفطريـــات الأصداء المعاصرة .

ومع استمرار البحث والتنقيب ، وجدت عينات أخرى من الفحم الحجرى Lignites، تحتوى على جراثيم تيليتية لفطريات صدأ وتفحم بائدة ، إلا أنها كانت مختلفة بدرجـــة كبيرة فى شكلها عن تلك الأنواع المعاصرة . ولقد أمكن تعريف بعض هـــذه الجراثيــم التيليتية التى استطاعت مقاومة التحلل فى طبقة الصخور الرســوبية ببعــض منــاطق أمريكا الجنوبية والهند .

وكانت هذه الفطريات الحفرية موجودة فى طبقات رسوبية تحتـــوى علـــى بعــض الحفريات المرشدة التى تدل على أن هذه الفطريات البائـــدة تتبع العصـــر الميوســينى التابع لحقب الحياة الحديثـــة . ومن الأجناس الحفرية لفطريـــات الأصــداء التـــى تـــم اكتشافها : *Triphragmium* ، و *Ravenelia* ، و *Milesia* ، و *Xenodochus* .

ويعتبر الفطر الحفرى *Anthracomyces cannallensis* مـــن أفضـــل الحفريـــات الفطرية التى تم العثور عليها لأحد الفطريات الشبيهة بفطريات الأصداء المعـــاصرة ، حيث يتميز بالميسليوم المتفرع والانتفاخات الطرفيـــة الشبيهـــة بالكونيديـــا terminal conidia-like spheres .

وعلى الرغم من هذا الاهتمام المستمر الذى أولاه العديد من الباحثين لهذا الموضوع الهام ، فإنه مازال هناك عدم اتفاق بين جمهور الباحثين على المجاميع الرئيسية التـــى تطورت من الفطريات البائدة .

وترجع أهمية هذه المجاميع الرئيسية (الزيجية والأسكية والبازيدية) إلى علاقتـــها بالبيئة التى يعيش فيها الإنسان منذ فجر التاريخ ، حيث لعبت – ولا تزال تلعب – دورا كبيرا فى تحليل المواد العضوية ، وإصابة النباتات بالأمراض ، وإنشاء علاقـــة تبـــادل المنفعة مع جذور النباتات الوعائية (الميكورهيزا الداخلية) .

ولقد أوضحت هذه الدراسات أن جراثيم الفطريات الحفرية المكتشفة تقـــارب فـــى شكلها الخارجى بعض الفطريات المعاصرة ، وهذا يدل دلالة واضحـــة علـــى تطـــور

الفطريات المعاصرة من أسلاف بائدة تطورت فـي تراكيبـها المختلفـة - خاصـة الجراثيم - تحت ظروف بيئية متغيرة أثرت عليها وعلى المواد التى تنمو عليها ، ممـا أدى إلى تطور السلوك الغذائى لهذه الفطريات وطريقة نموها وتكاثرها لكى تبقى علـى قيد الحياة .

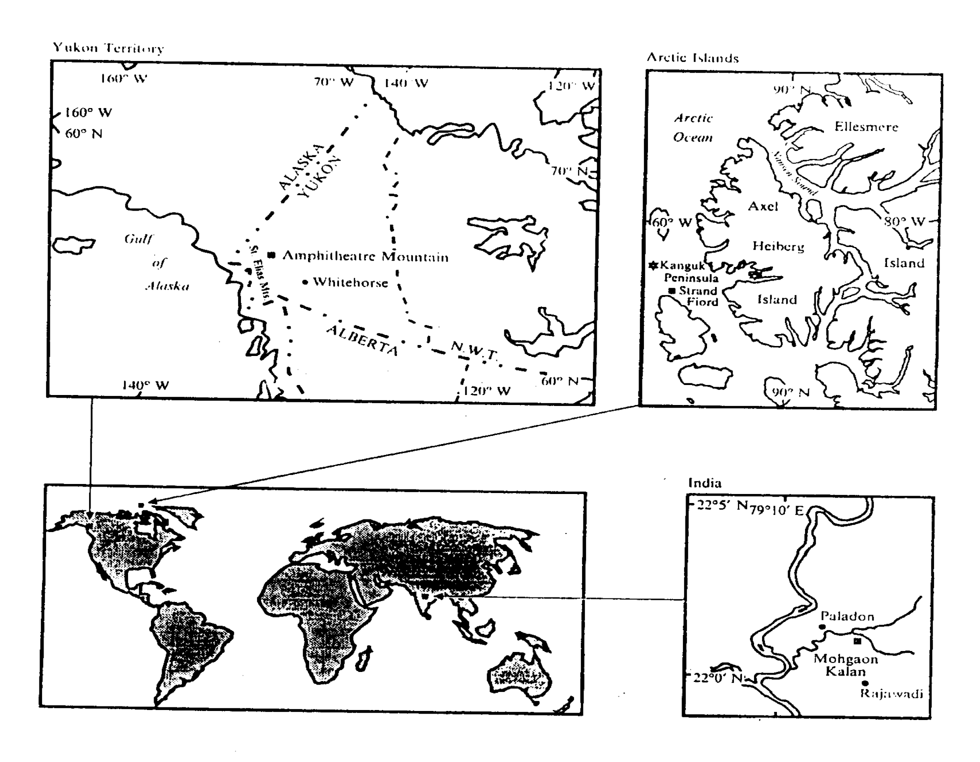
خامساً - الفطريات الحفرية الناقصة :

من أحدث الأبحاث التى اهتمت بدراسة الفطريات الحفرية الناقصة ، ذلـك البحـث المشترك الذى قام به Kalgutkar الباحث بمعهد جيولوجيا الرواسب وبحوث البترول - البرتا - كندا وزميله Sigler الباحث فى مجال الفطريات والأعشاب البريـة بجامعـة البرتا - كندا ؛ وذلك عام ١٩٩٥ ؛ بعنوان " دراسات تقسيمية لبعض الفطريات الحفرية من العصور القديمة " .

وفى هذه الدراسـة تم تجميع عينات من رواسب تنتمى إلـى الزمـن الباليوسـينى المتأخر Late Paleocene age والزمن الأيوسينى المبكر (فجـر الحيـاة الحديثـة) Early Eocene age التابعين للنظام الثالث Tertiay system فى حقبة الحياة الحديثـة Cenozoic . ولقد أخذت هذه العينات من ثلاث مناطق مختلفة ، الأولـى مـن أرض منبسطة يحيط بها مرتفعات بمقاطعة يوكون Yokon بكندا ، والثانية من خليـج جبـل ثلجى Iceberg Bay Formation بالقرب من جزيرة Axel Heiberg بكنـدا ، بينمـا المنطقة الثالثة من مرتفعات بوسط الهند (شكل ٢ - ١١) .

ويلاحظ أن جزيرة Axel Heiberg بكندا مغطاة بغطاء جليدى ضخم يمتـد خـارج حدود البر ، حيث تنفصل من هذا الغطاء الجليدى كتل جليدية ضخمة تطفو مبتعدة على هيئة جبال جليدية ice bergs فى المحيط المتجمد الشمالى .

ولقد تم تقسيم عينات الجراثيم الفطرية الحفرية (الكونيديات) تبعاً لشكلها الخارجى وحجمها وطبيعة جدرها الخلوية ، وسمك هذه الجدر ، والتغيرات التى قد تكون طرأت عليها نتيجة عوامل التعرية ، وأيضاً وجود أو غياب ثقوب الإنبات وعددها ، وغير ذلك من صفات أخرى ذات أهمية تقسيمية .

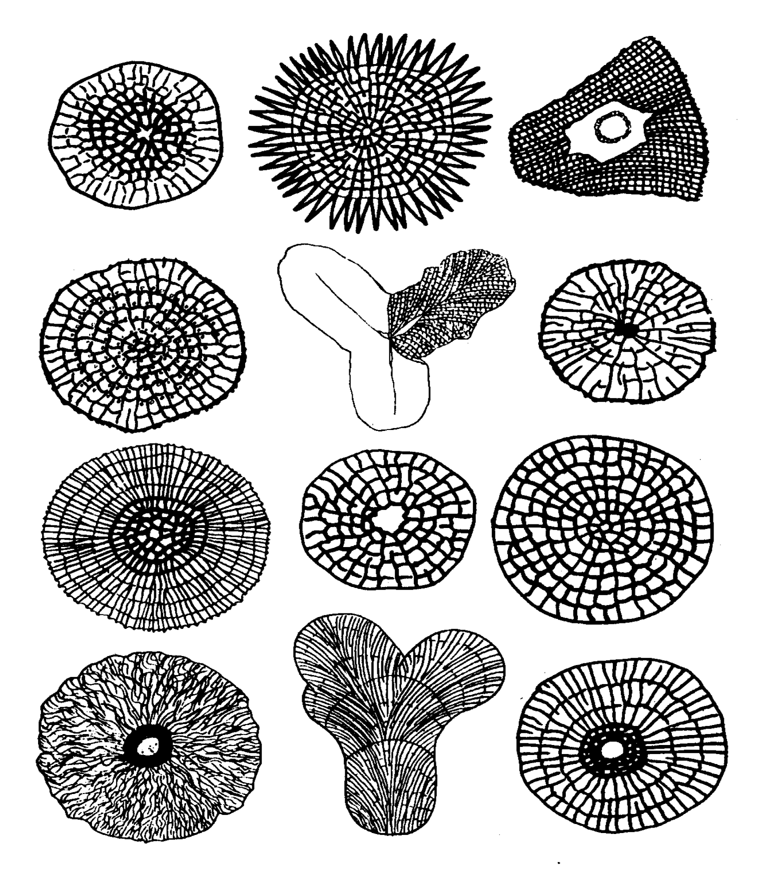


شكل (٢ - ١١) : خرائط توضح أماكن أخذ عينات الصخور الرسوبية لدراسة الفطريات الحفرية.
(عن Kalgutkar & Sigler, 1995) .

أ - جبـل Amphitheotre بكندا .

ب - جبـل ثلجـى بجزيـرة Axel Heiberg بكنـــدا .

جـ - جـبال وسط الهنـد .

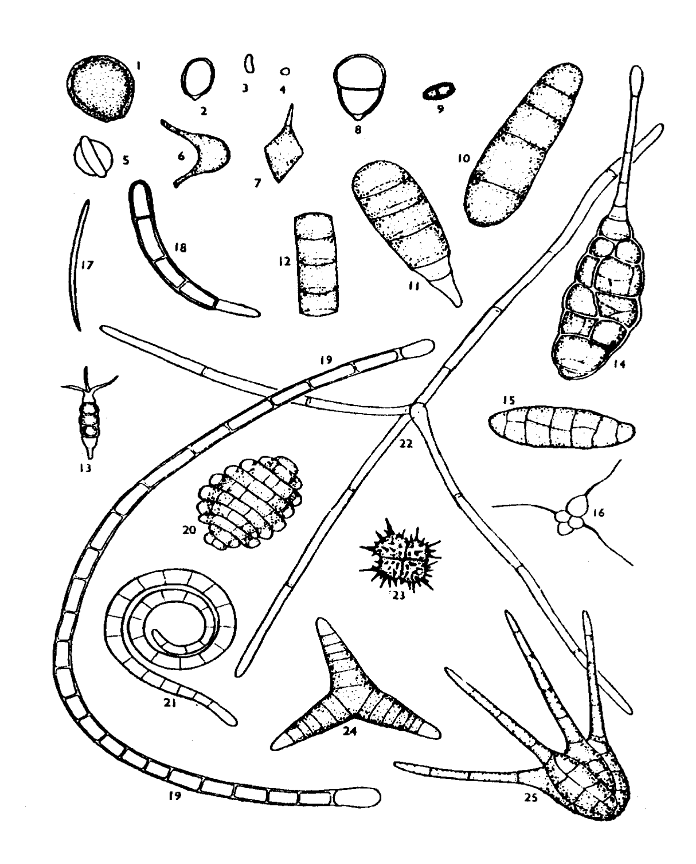


شكل (٢ – ١٢) : أمثلـة لبعـــض النمـوات السطحيـــة للفطريـــات الحـفريـــة .
(عن Alexopoulos & Mims. 1979) .

١ - تقسيم الفطريات الحفرية الناقصة :

اعتمد بعض الباحثين على شكل النموات السطحية للفطريات الحفرية الناقصة فـــى تقسيمها ، وذلك تبعا لطريقـــة نمو هيفاتها ، وتكوين مستعمرات ميسليوميـــة محـــددة الشكل ، وطبيعة نمو الثالـــوس الفطرى ، وتكوين الخلايـــا المغلظة ، وغير ذلك مـــن صفات يمكن الرجوع إليها عند وصف مثل هذه النموات الفطرية (شكل ٢ – ١٢) .

وعلى أية حال ، فإنه يعتمد فى دراسة الحفريات الفطرية علـــى فحـــص حفريـــات الجراثيم ؛ وذلك على أساس شكلها الخارجى ، ويرجع فى ذلك – عادة – إلى التقســـيم البسيط الذى وضعه عالم النبات ســـاكاردو Pier Andrea Saccardo عـــام ١٨٩٩ ، بغرض تقسيم الفطريات إلى مجموعات تبعا لصفات الجراثيم الكونيدية (الكونيديات) ؛ وهو ما يطلق عليه اسم المجاميع الجرثومية Spore groups . ويتميز تقسيم ســـاكاردو بالبساطة ؛ حـــيث يمكن للباحثين الاعتـــماد عليه عنـــد دراســـة الفطريـــات الحفريـــة الناقصة . ويضم هذا التقسيم (شكل ٢ – ١٣) سبع مجموعات رئيسية موضحة فـــى الشكل التالى :



شكل (٢ – ١٣)

شكل (٢ - ١٣) المجاميع الجرثومية تبعا لتقسيم ساكاردو (١٨٩٩) .

(A) Amerosporae (1-celled)
1. *Acremoniella atra* (Corda) Sace.
2. *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr.
3. *Phyllosticta violae* Desm (pycindiospore).
4. *Penicillium cyclopium* West.
5. *Hirstuella* sp.
6. *Arthrinium cuspidatum* (Cook & Harkn.) Hohnel
7. *Beltrania indica* Subram

(B) Didymosporae (2-celled)
8. *Arthrobotrys oligospora* Fresen
9. *Bispora pusilla* Snce

(C) Phragmosporae (3 (or more)-celled)
10. *Helminthosporium* sp.
11. *Cephaliophora tropica* Thaxter.
12. *Sporoschisma mirabile* Berk & Br.
13. *Pestalotia macrochaeta* (Speg.) Guba.

(D) Dictyosporae (muriform)
14. *Alternaria macrospora* Zimm.
15. Pleospora herbarum (Pers. ex Fr) Rabenh. (ascospore)
16. *Entomosporium thuemenii* (Cooke) Sace

(E) Scolecosporae (filiform)
17. *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. (ascospore)
18. *Phleospora crescentum* (Barth.) Riley
19. *Lindra inflata* Wilson (ascospore)

(F) Helicosporae (spirally coiled)
20. *Helicoon ellipticum* (Peck) Morgan
21. *Helicomyces roseus* Link ex Fr.

(G) Staurosporae (star-like in form)
22. *Tetrachaetium elegans* Ing.
23. *Spegazzinia tessarthra* (Berk. & Curt.) Sacc
24. *Triposporium elegans* Corda
25. *Tetraploa aristata* Berk & Br.

أ – مجموعة الأميروسبورات Amerosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات غير المقسمة (وحيدة الخلية) ذات الشكل الكروى أو البيضى ، وقد تكون هذه الكونيديات مستطيلة قصيرة أسطوانية الشكل .

ب – مجموعة الديديموسبورات Didymosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المستطيلة ، المقسمه بحاجز واحد (تتكون من خليتين) .

جـ – مجموعة الفراجموسبورات Phragmosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية المستطيلة المقسمة بحاجزين أو عدة حواجز (مقسمة بحواجز طولية وعرضية مكونة كونيديات عديدة الخلايا) .

د – مجموعة الديكتيوسبورات Dictyosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المستطيلة ذات التقسيم الشبكى بحواجز طولية وعرضية (عديدة الخلايا) .

هـ – مجموعة السكوليكوسبورات Scolecosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات شبه الخيطية إلى شبه الدودية ، سواء المقسمة أم غير المقسمة ، الشفافة أم ذات الألوان الباهتة .

و – مجموعة الهليكوسبورات Helicosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات الأسطوانية الحلزونية ، المقسمة أو غير المقسمة ، الشفافة أو الملونة .

ز – مجموعة الستاوروسبورات Staurosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات النجمية الشكل ، القطرية التفصيص ، المقسمة أو غير المقسمة ، الشفافة أو الملونة .

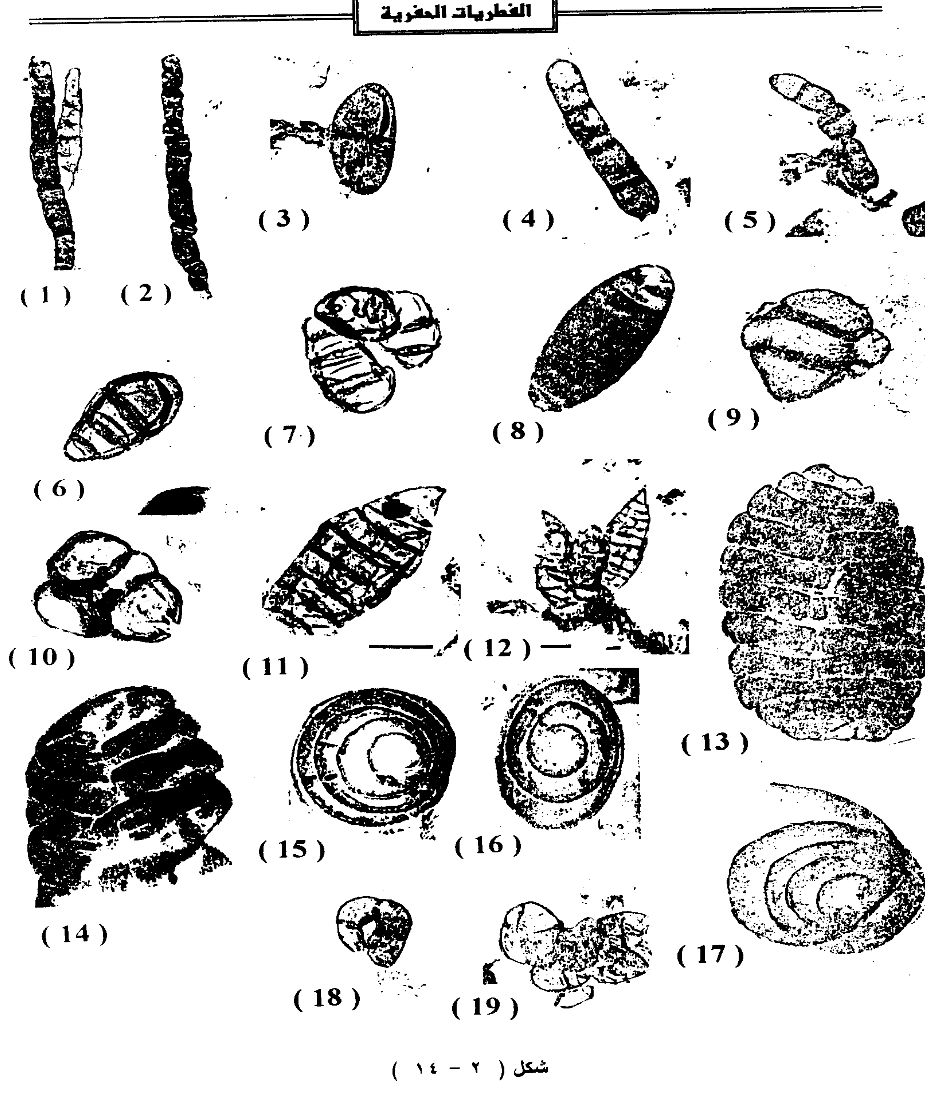
وواضح أن التقسيم السابق ، لا يزال صالحا للاعتماد عليه حتى الآن في دراسة وتقسيم الفطريات الحفرية الناقصة إلى أشباه الأجناس form genera ومقارنتها بنظائرها من أشباه الأجناس المعاصرة ، كذلك يعتمد على صفات خارجية تتغير مع تغير ظروف البيئة المحيطة .

ومن المعتاد – عند فحص عينات الصخور الرسوبية – وجود حفريات نباتية بها ؛ مثل حبوب لقاح نباتات معراة أو مغطاة البذور ، والتى تعطى فكرة عن الغطاء النباتى المصاحب لهذه الفطريات الحفرية . ويتم تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبى باستعمال محلول شولتز المخفف diluted Schultz`s solution .

ويتبع عادة استعمال الميكروسكوب الضوئى العادى المزود بكاميرا مثبتة فيه للفحص والتصوير . كما يحتفظ بالشرائح المجهزة المحتوية على عينات من كونيديات الفطريات الحفرية لمزيد من الدراسات المستقبلية .

ومن ناحية أخرى اتبعت طريقة علمية لتسمية الفطريات الحفرية البائدة ؛ وذلك

باستعمال الاسم العلمى لشبه الجنس المعاصر ؛ الذى تتشابـــه كونيدياتـــه مـــع شكـــل كونيديات الفطر البائد بعد تعديل اسم شبه الجنس المعاصر بحذف الحرف الأخير ، ثم إضافة مقطع ites – فى نهاية الاسم . ولقد وصل عدد أسماء أشباه أجناس الفطريـــات الحفرية المسماة بهذه الطريقة إلى حوالى ١٥٠ شبه جنس .



شكل (٢ - ١٤)

شكل (٢ – ١٤) : كونيديات بعض الفطريات الحفرية البائدة .

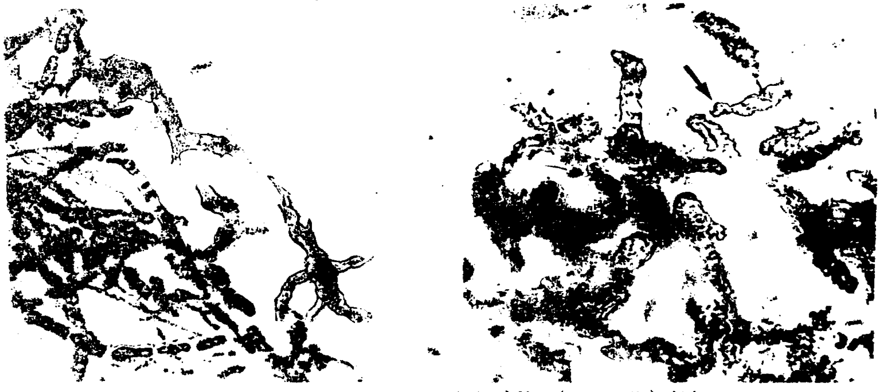
(1 , 2) : *Ampulliferinites axelheibergi* .
(3) : *Dicellaesporites delitschiapites*
(4 , 5) : *Diporicellaesporites icebergi* .
(6 , 7) : *Brachysporites endophragmia* .
(8) : *Pluricellaesporites excipularis* .
(9) : *Uberispora type A.*
(10) : *Uberispora type B.*
(11 , 12) : *Piriurella alternariatai*
(13 , 14) : *Helicoonites goosii*
(15 , 17) : *Helicosporiates pirozinskii*
(18 , 19) : *Paleoslimacomyce conadensis*

٢ - وصف لبعض الفطريات الحفرية الناقصة :

أ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الأميروسبورات Spore group : Amerosporae:

شبه الجنس *Xylohyphites* Kalgutkar&Sigler . ويشتق اسم هذا الفطر الحفرى البائد من اسم شبه الجنس المعاصر *Xylohypha* (Fr.) Masson (1960) ؛ وهو من الفطريات الناقصة الهيفية .

ومن أهم أنواع هذه الفطر الحفرى ، الفطر *Xylohyphites verrucosa* الذى يتميز بكونيدياته المتكونة فى سلاسل ذات تعاقب قمى من أسفل إلى أعلى ، وهى كونيديات بسيطة أسطوانية الشكل أو أهليلجية ، ذات لون بنى فاتح (شكل ٢ – ١٥) .



شكل (٢ – ١٥) : الفطر الحفرى *Xylohyphites verrucosa* .

ويتميز الجدار الخارجي للكونيديات بوجود تآليل واضحة تظهر عند الفحص الميكروسكوبي ، لهذا يشتق اسم النوع من هذه الصفة (verrucose nature) ، كما أن الكونيديات مستدقة عند أطرافها ، غير مقسمة أو مقسمة بجدار واحد . ويمكن تمييز وجود ندبة (سرة) على الكونيدة .

ويدل تجمع كونيديات هذا الشبه جنس في سلاسل على أنه تطور من الكونيديات المفصلية arthroconidial type of development ، كما أن وجود التكاثر ذي الشكل البرعمي الوحيد له علاقة بالفطريات الداكنة ذات الكونيديات البرعمية dematiaceous blastoconidial fungi .

ومن أشباه الأجناس الفطرية المعاصرة والتي يتكون فيها سلاسل مفصلية للكونيديات الداكنة اللون *Xylohypha* (Fr.) Masson ، و *Bispora* Corda ، و *Septonema* Corda ، وجميعها تتبع الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes .

ولقد لوحظ أن شبه الجنس *Xylohypha* يختلف عن شبه الجنسين الأخرين ؛ وذلك لأن كونيدياته وحيدة الخلية ، تتبرعم إلى خلايا مختلفة في الطول وفي طبيعة التقسيم، وذلك عند إنمائها على بيئة الأجار في المعمل . ويعتبر الفرق الجوهري بين شبه الجنس البائد *Xylohyphites* ونظيره المعاصر *Xylohypha* أن الأول ذو كونيديات مغطاة بتآليل ، بينما كونيديات الثاني ملساء .

وتوضح دراسة الرواسب الحفرية للفطر البائد *Xylohyphites verrucosa* وجوده في صورة سلاسل من الكونيديات المثآللة السطح على حفريات ثمرية لبعض النباتات القديمة ، وذلك بصورة مترممة . وربما يدل ذلك على احتمال وجود علاقة بين هذا الفطر الحفري وشبه الجنس المعاصر *Cladosporium* المنتشر على أسطح الأوراق والثمار لكثير من النباتات الحولية والأشجار المعمرة .

إلا أن الفحص الميكروسكوبي أوضح وجود اختلافات بين طبيعة وشكل كونيديات الفطرين ؛ ففي الوقت الذي تحمل فيه كونيديات شبه الجنس المعاصر *Cladosporium* في سلاسل متفرعة ، وتظهر على كونيدياته ندب انفصال واضحة ، لا يشاهد ذلك على كونيديات الفطر البائد *Xylohyphites verrucosa* .

وتشبه كونيديات الفطر البائد *X. verrucosa* (٩ – ١٦ x ٢,٥ – ٥,٥ ميكرون) كونيديات الفطر المعاصر *Xylohypha nigrescens* ، (١٠ – ١٣,٧ x ٣,٥ – ٥

ميكرونا) فى الحجم والشكل ، ولكن الاختلاف الجوهرى بينهما يرجع إلى طبيعة سطح الكونيديات ؛ حيث تظهر الثآليل على جدار كونيديات الفطر البائد ، بينما يبدو سطح الفطر المعاصر أملساً .

ب - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديديموسبورات Spore group : Didymosporae :

1 - Form Genus ***Ampulliferinites*** **Kalgutkar & Sigler. : شبه الجنس**

يشتق اسم هذا الفطر الحفرى البائد من اسم شبه الجنس المعاصر *Ampulliferina* Sutton (1969) الذى يتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes ؛ حيث يتميز هذا الفطر بالكونيديات الثنائية الخلايا المتكونة فى سلاسل ناتجةٍ عن تبرعم هذه الكونيديات المفصلية ، كما أن الكونيديات لها جدار سميك ، ولونها بنى داكن .

ومن أهم أنواع هذا الفطر الحفرى : الفطر *Ampulliferinites axelheibergi* Kalgutkar & Sigler ، ويتميز هذا الفطر شكل (٢ - ١٤ - ١ ، ٢) بوجود حوامل كونيديةٍ طويلةٍ أو قصيرةٍ يتراوح طولها بين ٧٩ ميكرونا و ٢٤٠ ميكروناً ، وتحمل كونيدياتٍ فى سلاسل . والهيفات مقسمةٍ بجدرٍ رقيقةٍ أو سميكةٍ ، والكونيديات مفصلية مقسمة بجدارٍ سميكٍ داكن اللون (مكونة من خليتين didymosporous) . وقد يوجد انقباض بسيط عند الجدار الفاصل . والكونيدة ذات سطح أملس ، لونها بنى ، أسطوانية الشكل ، ذات أطراف عريضة . بينما يلاحظ أن الكونيدة الطرفية ذات قمةٍ مستديرةٍ. وأبعاد الكونيديات ١٦ - ٢٢ x ٧ - ١١ ميكروناً .

وعند مقارنة شبه الجنس البائد *Ampulliferinites* بشبه الجنس المعاصر المناظر له *Ampulliferina* نلاحظ تشابههما فى وجود خليةٍ قاعديةٍ للحامل الكونيدى ذات ندبة انفصال ، بينما يختلف شبه الجنس البائد مع شبه الجنس المعاصر *Bispora* بأن الأخير يكوّن كونيدياتٍ من خليتين مرتبة فى سلاسل ، وتتميز هذه الكونيديات بوجود انقباضٍ شديدٍ عند جدر التبرعم ذات اللون البنى الداكن .

ومن ناحيةٍ أخرى أوضحت الأبحاث وجود تشابهٍ بين الفطر البائد *Ampulliferinites exelbeibergi* والفطر البائد *Alternoseptites elongatus* Rouse (1962) فى وجود انبعاج فى الجدار الخلوى للحامل الكونيدى يتبادل مع جدارٍ عادىٍّ ،

بينما يختلف الفطر الأخير فى عدم سمك الجدر الخلوية ، وعـــدم تكويـــن الكونيديـــات المفصلية .

2 - Form Genus : *Dicellaesporites* شبه الجنس
Elsik, 1968 emend Sheffy & Dilcher, 1971 ونـــوعه النمـــوذجـــى
Dicellaseporites delitschiapites Kalgutkar & Sigler .

حيث يشتق اسم النوع من شبه الجنس المعاصر *Delitschia* Auersw (1866)
وهو يتبع شبه رتبة Dothideales .

ويوضح شكل (٢ - ١٤ - ٣) صفات الفطر الحفرى ؛ حيث تأخذ الكونيديـــات شكل القطع الناقص ، إلا أنه ذو أطرافٍ مستديرةٍ . وتتكون الكونيديات من خليتيـــن ؛ حيث لا يشاهد انقباض عند الجدار الفاصل ؛ ويقسم الجدار الخلوى الكونيدة إلى خليتين متساويتين . الكونيديات بنية اللون ، لها ثقب إنبات جانبىّ ، عريضة قليلاً ؛ حيث يبلغ عرضها حوالى ٣/٢ طولها . جدار الكونيدة أملـــس ومحاط بطبقةٍ شفافـــةٍ . أبعـــاد الكونيدة ٢٥ - ٢٨ X ١١ - ١٣ ميكرونا .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى الناقص *Dicellaesporites delitschiapites* بالجراثيم الأسكية للفطريات المعاصرة التابعة لمجموعة Laculoascomycetous ، مثل الجنس *Delitschia* ؛ وذلك من ناحية وجود الأخاديد على سطح الجراثيم ، حيث تظهر مشابهة لثقوب الإنبات ، بينما تختلف جراثيم الجنس *Delitschia* عن الفطر الحفـــرى السابـــق ؛ حيث تحاط الجـــراثيم الأسكيـــة بغلافٍ جيلاتينىّ واضح .

ومن المحتمل ان تكـــون جـــراثيم الفطر الحفرى قد فقـــدت هذا الغلاف الجيلاتينى خلال عملية التحفير أو عند تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبى . وربما لا يشـــاهد هـــذا الغلاف الجيلاتينى فى الفطـــر الحفـــرى *Dicellaesporites delitschiapites* . على الرغم من ملاحـــظة وجود غلافٍ رقيقٍ شفافٍ حول كونيدياتـــه ؛ وذلـــك عنـــد الفحص الميكروسكوبى باستعمال قـــوةٍ تكبير عاليـــةٍ ، ولكن تبقى الطبيعة الجلاتينيـــة لهذا الغلاف محل تساؤل .

3 - Form Genus : *Diporicellaesporites* Elsik, 1968. شبه الجنس :
ونوعه النموذجى هـــو *Diporicellaesporites icebergi* Kalgutkar & Sigler ،

ويشتق اســـم النـــوع من تكوين خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay Formation at Kanguk-Peninsula .

ويوضح شكل (٢ - ١٤ - ٤ ، ٥) صفات الفطر الحفرى السابق ؛ حيث تشـــاهد لكونيديات ذات شكل أسطوانى ، بنية اللون ، ملساء إلى متثألة بدرجة بســـيطة ، ذات ثقبى إنبات ، مقسمة بجدار عرضى واحد إلى ثلاثة جدر ، والجدار العرضى أسمك من جدار الكونيدة الخارجى (حوالى ٢ ميكرون) . لون الجدار بنى داكن ، مـــع وجـــود ثقوب ضيقة فى مركز الجدر الخلوية العرضية . ويمتد تغليظ الجدار الخلوى العرضى جانبيا بدرجة قليلة على طول الجدار الخارجى للكونيدة من الداخل على الجانبين .

الثقوب أو مناطق التلامس بين الكونيديات على كلتا النهايتين داكنة اللون ومحدبـــة قليلا . الكونيديات الناضجة أبعادها ٢٤ - ٢٧ x ٥ - ٧ ميكرونا .

وعند مقارنة الفطر الحفـــرى *Diporicellaesporites icebergi* بأشبـــاه أجنـــاس الفطريات المعاصرة المناظرة - مثل (Grove (1885 *Diplococcium* أو *Bispora* (شكل ٢ - ١٤ - ٤ ، ٥) - نلاحظ أن الفطر الحفرى يكون كونيديات ثنائية الخلايا . ويتميز الجدار العرضى بأنه عريض ولونه داكن ، بينما تتكون كونيديـــات الفطريـــن المعاصرين : *Bispora betulina* و *Diplococcium spicatum* فى سلاســـل ، كمـــا تبدو الكونيديات كروية الشكل .

ومن ناحية أخرى يتميز الفطر الحفرى السابق بأن الجدار العرضى- الذى يفصـــل خليتى الكونيدة - ذو ثقوب تتشابه مع تلك الموجودة فى الفطر المعاصر *D. spicatum* . كما تدل الدراسات على عدم وجود دليل على تكوين كونيديات مفصلية فى هذا الفطر الحفرى تحت الدراسة .

هـ - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الفراجموسبورات Spore group : Phragmosporae

شبه الجنس : 1 - Form Genus : *Brachysporisporites*
(R. T. Lange & P. H. Sm. (1971 . ومـــن أنواعـــة الممـــيزة الفطـــر : *Brachysporisporites endophragmia* Kalgutkar & Sigler .

تتشابه كونيديات هذا الفطر بكونيديات الجنس المعاصر *Endophragmia* ذات النهايات

الخرطومية والجدر الداخلية السميكة ؛ لذلك يشتق اسم النوع للفطر الحفرى من اسم جنس الفطر المعاصر .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى بالبساطة ، وشكلها البيضى المقلوب إلى الصولجانى ، ولونها البنى ، وجدارها الخارجى الأملس (شكل ٢ - ١٤ - ٦ ، ٧) . كما تتقسم الكونيدة بجدر عرضية (من ٢ - ٤) ، حيث تبدو الخلايا المركزية داكنة اللون ، بينما الخلايا الطرفية تكون - عادةً - شفافة إلى نصف شفافةٍ . الجدر الداخلية داكنة اللون ، ذات جدارٍ سميكٍ ، وخاصة عند اتصالها بالجدار الداخلى . الخلية القاعدية ذات نتوءٍ (نتوء قاعدى) .

ويتراوح طول الكونيدة بين ٢٧ ميكروناً و ٣٤ ميكروناً ، بينما عرضها عند المنطقة العريضة بين ١٢ ميكروناً و ١٩ ميكروناً ، أما عند القاعدة الخرطومية ، فيتراوح عرضها بين ٥ ميكرونات و ٦ ميكرونات .

ولقد عدل Hughes (1979) شبه الجنس المعاصر *Endophragmia* بعد نقل عديدٍ من الأنواع التابعة له إلى أجناسٍ أخرى معاصرةٍ ؛ مثل الجنس *Endophragmiella* . وتميز النهاية شبة الخرطومية وغياب النتوء القاعدى كونيديا الفطر الحفرى *Brachysporites endophragmia* عن كونيديات شبه الجنس المعاصر *Endophragmiella* . وقد وجدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى خليج جبل الثلج Iceberg Bay formation .

2 - Form Genus *Pluricellaesporites* : شبه الجنس

Hammen, 1954 emend Elsik Janson, 1974. ومن أنواعه المميزة الفطر *Pluricellaesporites excipularis* Kalgutkar & Sigler .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى مع كونيديات الجنس المعاصر *Excipularia*؛ وذلك من ناحية الشكل الخارجى والتقسيم الداخلى واللون الباهت الشفاف للخلايا القاعدية والطرفية ، ولذلك اشتق اسم نوع الفطر الحفرى من اسم هذا الجنس المعاصر.

وتتميز كونيديات ذلك الفطر الحفرى (شكل ٢ - ١٤ - ٨) بأنها فردية ، مقسمة بحواجز متعددة ، ذات لونٍ بنىّ داكنٍ ، فيما عدا الخلايا القمية والقاعدية ؛ حيث تكون شفافة نسبيًّا أو ذات لونٍ بنىّ باهتٍ .

الكونيديات مغزلية الشكل ، مقسمة بجدر عرضية (تتراوح بين ٥ – ٦ جـــدر) . الجدار الخارجى أملس ، بينما الجدر الداخلية ذات لون بنى داكن وســـميكة (٤ – ٥ ميكرونات) . وتتصل الكونيديات بعضها ببعض بجدر عريضه ، والخليـــة القاعديـــة ليست ذات نتوء قاعدى . أبعاد الكونيدة ٤٦ – ٤٨ ميكرونا X ١٨,٥ ميكرونا .

د – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الستاوروسبورات Spore Goup : Staurosporae

تقسم هذه المجموعة من الفطريات الحفرية إلـــى مجموعتيـــن تبعـــا لصفـــات كونيدياتها :

المجموعة الأولى :

تتميز كونيديات هذه المجموعة بأنها معقدة التركيب ، فردية ، ذات لون بنى فاتح إلى شبه شفافة . تتكون الكونيدة من عدة خلايا ، تتراص فى ثلاثـــة صفـــوف طوليـــة وصفين عرضيين أو أكثر . الكونيدة قطرية التفصيص ؛ حيث تتكون الخلايا الطرفيـــة فى نصف دائـــرة ، بينما تكون الخلية القاعدية مثلثـــة الشكـــل ، والخليـــة المركزيـــة مستطيلة (شكل ٢ – ١٤ – ٩) .

الكونيدة ذات جدار رقيق شبه شفاف ، يتميز بوجود خلايا جانبية حلميـــة الشكـــل . الجدر الخلوية الداخلية رقيقة داكنة اللون . والسطح الخارجى للكونيدة خشـــن . أبعـــاد الكونيدة ١٨ ميكرونا X ٣٠ ميكرونا .

المجموعة الثانية :

تتشابه كونيديات هذه المجموعة مع كونيديات المجموعة السابقة فى فرديتها وتعقـــد تركيبها ، إلا أنـــها ذات لون بنى . كما تتراص الخلايا فى ثلاثـــة صفـــوف طوليـــة وصف واحد عرضى أو أكثر . الجدار الخارجى للكونيدة أملـــس . الخلايـــا القميـــة والقاعدية مستديرة ، بينما الخلايـــا الوسطية منضغطـــة مســـتطيلة الشكـــل . الخلايـــا الجانبية تشبه تلك الموجـــودة فى المحور الرئيسى ، ليست ذات حليمـــات ، والجـــدر سميكة نوعا. الخلية القاعدية ذات نتوء قاعدى . الجدر الداخلية سميكة وداكنة اللون . أبعـــاد الكونيدة ١٨ ميكرونا X ٣١ ميكرونا .

ولقد وجدت كونيديات المجموعتين السابقتين من الفطريات الحفرية فى منطقة تكوين

خليج الثلج Iceberg Bay formation ؛ حيث تعتبر هذه الكونيديات حفريات مميزة لهذه المنطقة الجيولوجية .

وعند مقارنة المجموعتين السابقتين من الكونيديات ، نلاحظ أن المجموعة الأولى ذات كونيديات خشنة السطح ذات حليمات ، وخلاياها الجانبية رقيقة الجدر ، بينما النوع الثانى ذو كونيديات ملساء ، وخلاياها الجانبية أكبر حجما ، وجدرها أكثر سمكا ، ولا يشاهد عليها حليمات .

وتتشابه كونيديات هذه الفطريات الحفرية البائدة مع كونيديات الفطر المعاصر *Ulberispora simplex* (Ichinoe) Piroz & Hodges فى تكوين الأفرع الجانبية . ويتميز هذا الجنس المعاصر بالكونيديات ذات الخلايا المركزية المثلثة الشكل ذات الجدر السميكة ، واللون البنى الداكن ، بينما تكون الخلية القمية والخلايا القاعدية الثلاث شفافة اللون ورقيقة الجدر .

هـ - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديكتيوسبورات Spore Group : Dictyosporae

النوع النموذجى *Piriurella alternariata* Kalgutkar & Sigler sp-nov. ، يشتق اسم النوع من الجنس المعاصر *Alternaria* Nees, (1817) . ولقد شوهدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى تكوين خليج جبل الثلج Iceberg Bay formation .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى بأنها تكون فردية أو فى مجموعات ، والكونيدة عديدة الخلايا ، شوكية ، ذات شكل بيضى أو صولجانى مقلوب ، لها منقار ، ملساء، ذات ندبة أو بدون ندبة ، ولون الجراثيم بنى إلى بنى فاتح .

والكونيديات ذات منقار قصير مقوس ، مقسمة بعديد من الجدر الطولية والمستعرضة، إلا أن الجدر العرضية أكثر سمكا وعددا من الجدر الطولية . المنقار الطرفى طوله حوالى ٩ - ١١ ميكرونا ، يتميز بوجود طرف داكن ، قد يكون ندبة انفصال فى سلسلة تتابع الكونيديات . أبعاد الكونيدة : طولها ٤٢ - ٧٤ ميكرونا ، وأقصى عرض لها ١٨ - ٢٧ ميكرونا .

ولقد وجد الباحثان Cookson & Eisenback عام ١٩٧٩ عينات من كونيديات الفطر الحفرى *Piriurella elongata* مطمورة فى طبقة رسوبية فى حوض Eucla

بأستراليا ترجع إلى العصر الطباشيرى التابع لحقب الحياة الوسطى منذ حوالى ١٠٠ مليون سنة ، وتم نشر ذلك بعنوان " بعض طحالب الرواسب الطباشيرية فى أستراليا ". كما درس الباحثان Smith & Chatoner عام ١٩٧٩ الفروق التركيبية بين شبه جنس الفطر الحفرى *Piriurella* و الفطر الحفرى *Korshikoviella schaefernai* ؛ الذى كان يسمى قبل ذلك *Lambertia schaefernai* ، حيث أن الأخير طحلب معاصر .

ولقد وجد الباحثان السابقان أن شبه جنس الفطر الحفرى *Piriurella* يناظر شبه الجنس المعاصر *Alternaria* . وسجل بعد ذلك Elsik هذا التناظر بين الفطرين الحفرى والمعاصر عام ١٩٩٢ .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن كونيديات الفطر الحفرى *Piriurella elongata* لها من الصفات الأساسية ما يجعلها مميزةً عن كونيديات جنس الفطر المعاصر *Alternaria* ؛ مثال ذلك سمك قاعدة الكونيدة ، ووجود الجدر الطولية والمستعرضة ، ووجود المنقار القصير الأسطوانى ، بالإضافة إلى وجود القمة السميكة الداكنة اللون أو عدم وجودها . وسوف تؤدى زيادة دراسة كونيديات الفطر الحفرى السابق إلى إمكانية التعرف على مدى قرابته لشبه جنس الفطر المعاصر *Alternaria* .

ومن الجدير بالذكر أنه من الصعب تقسيم شبه الجنس المعاصر *Alternaria* إلى أنواعه المختلفة (Barron, 1983) ؛ وذلك راجع إلى التنوع والاختلاف فى شكل وحجم وتقسيم الكونيديات داخل النوع الواحد خلال مراحل تكوينها ؛ وبالتالى فإن إيجاد علاقة قرابة بين هذا الفطر المعاصر والفطر الحفرى السابق من الصعوبة بمكان (Simmons & Roberts, 1993) . وقد يكون من السهل – فى بعض الحالات – مقارنة الكونيديات الفردية الناضجة ذات الصفات الواضحة (مثل وجود المنقار) فى كلٍّ من الفطرين الحفرى والمعاصر .

وفى دراسةٍ أخرى وصف الباحثان Trevedi & Verma (1970) الفطر الحفرى *Alternaria malayensis* ؛ الذى وجد فى الملايو فى حفرياتٍ ترجع إلى العصر الأيوسينى Eocene (فجر الحياة الحديثة) التابع للنظام الثالث فى حقب الحياة الحديثة منذ حوالى ٤٠ مليون سنة مضت ؛ حيث وضح الباحثان العلاقة القوية بين هذا الفطر وشبه الجنس المعاصر *Alternaria* ؛ لدرجة استخدام اسم شبه الجنس المعاصر لتسمية شبه الجنس الحفرى .

وهناك أشباه أجناس حفرية أخرى تتشابه كونيدياتها مع شبه جنس الفطر المعاصر *Alternaia* مثال ذلك شبه الجنس الحفرى *Staphlosporonites* (Takahashi, 1991)، وشبه الجنس *Transeptaesporites* (Ediger, 1981) ، بالإضافة إلى الفطر الحفرى الذى سبقت دراسته من شبه الجنس *Pirurella* .

و – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الهيليكوسبورات Spore Group : Helicosporae

تتميز هذه المجموعة من الفطريات الحفرية بالكونيديات الأسطوانية الحلزونية المقسمة – التى شوهدت فى العينات المأخوذة من ساحل جزيرة Heiberg – بسهولة التعرف عليها. وتتبع فطريات هذه المجموعة الفطريات الهيفية البرمائية . وتتكون الكونيديات – فى مثل هذه الفطريات – على المواد غير المغمورة فى الماء ، بينما لا تتكون عند غمر هذه المواد فى الماء . والكونيديات حلزونية الشكل .

وتنمو فطريات هذه المجموعة فى مجال واسع الانتشار فى الطبيعة ؛ مثل أوراق الأشجار المتحللة فى التربة الرطبة القليلة التهوية ، وأيضا على الخشب المدفون فى التربة .

وفى دراسة مكثفة على الفطريات ذات الكونيديات الحلزونية ، اعتمد الباحث Goos (1987) على وجود التركيب الحلزونى للكونيديات فى التعرف عليها ، ولقد قسمت الأجناس الفطرية المكونة للكونيديات الحلزونية على أساس شكلها الخارجى ، وتطور الحوامل الكونيدية ، وطبيعة نمو الميسليوم . إلا أن وجود التراكيب الفطرية السابقة على المواد العضوية – التى كان ينمو عليها فى ذلك الوقت السحيق – والتغيرات التى تحدث على هذه التراكيب الفطرية خلال عملية الترسيب وتكوين الحفرية يجعل من الصعب التعرف على هذه التراكيب الفطرية المختلفة ، بينما تظهر الكونيديات – فقط – خلال فحص ذلك الفطر الحفرى .

ولقد وصف كثير من الباحثين أشكالا مختلفة للفطريات الحفرية ذات الكونيديات الحلزونية ، والتى تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المعاصرة ، مثل أشباه الأجناس *Helicon* Morgan ، و *Helicodendron* Peyronal ، و *Helicosporium* Nees ، و *Slimacomyces* Minter .

وفى دراسات حديثة أوضح بعض الباحثين العلاقة بين شكل الكونيديات

الحلزونية للفطريات الحفرية التابعة لهذه المجموعة وفطريات أخرى معاصرة . كما وصفت أشباه أجناس لفطريات حفرية أخرى ذات كونيديات حلزونية مشابهة لأشباه الأجناس المعاصرة السابقة ؛ مثل شبه الجنس الحفرى *Involutisporonites* R. T. Clarke (1965) emend Elsik (1968) ، وشبه الجنس الحفرى *Colligerites* K. P. Jain & R. K. Kar (1979) ، وشبه الجنس الحفرى *Helicominites* Barling & Paradkar (1979) .

ومن ناحية أخرى أوضح Elsik (1992) و Kalgutka (1993) تنوع كونيديات الفطريات الحفرية ذات المحور الحلزونى الذى يكون لولبا بسيطا أو حلزونا ذا شكل مخروطى خلال العصور الجيولوجية القديمة . ومثل هذه الفطريات الحفرية لها ما يناظر كونيدياتها من فطريات أخرى معاصرة ؛ تنمو تحت ظروف بيئة معينة ؛ وعلى مواد عضوية أو عوائل خاصة . وقد يكون ذلك مناظرا للبيئة القديمة التى كانت تنمو عليها هذه الفطريات الحفرية البائدة .

وفيما يلى وصفا لبعض أشباه الأجناس الحفرية التابعة لهذه المجموعة :

1 - Form Genus *Helicoonites* Kalgutkar & Sigler **شبه الجنس**

ويتبعة الفطر الحفرى *Helicoonites goosii* .

ويشتق اسم هذا الفطر الحفرى من اسم شبه الجنس المعاصر *Helicoon* ، بينما يشتق اسم النوع من اسم الباحث Dr. R. D. Goos ؛ تقديرا لأبحاثه فى مجال الفطريات الحفرية واكتشافه هذا الفطر فى خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay formation .

ويتميز الفطر الحفرى بتكوين كونيديات بسيطة ، شديدة الالتفاف ، ذات حلزون ثلاثى المستويات ؛ لتكون شكل مجسم القطع الناقص ، أو تكون شكلا أسطوانيا حلزونيا ، ويتكون الحلزون عادة من عدة لفات . كما تتميز الحوامل الكونيدية بأنها عديدة الخلايا داكنة اللون (شكل ٢ - ١٤ - ١٣ ، ١٤) . والكونيديات ملساء ، أبعادها ٥٠ - ٧٥ x ٣٧ - ٤٥ ميكرونا .

ونظرا للشكل المميز لهذه الكونيديات ، فإنه من السهل تمييزها فى رواسب

الحفرية الفطرية ؛ نظرا لهيكلها الحلزونى الملتف ، والذى يكون مجموعة متميزة من الفطريات الحفرية ؛ يطلق عليها اسم *Helicoon-Helicodendron*-type ؛ حيث يتبعها الجنسان الحفريان *Helicodendron* و *Helicoonites* ، وتتشابه بعض أنواعها لدرجة يصعب معها فصلها عن بعضها عند الفحص الميكروسكوبى .

وتعتبر الصفة الأساسية التى يعتمد عليها فى فصل كونيديات شبه الجنسين الحفريين السابقين عن بعض هى طريقة تكوين هذه الكونيديات . فمثلا نلاحظ فى شبه الجنس *Helicodendron* أن كونيدياته تكون متجمعة فى سلاسل أو كتل متشابكة فى الحفرية الفطرية ، بينما كونيديات شبه الجنس *Helicoonites* تكون مفردة . وتتشابه كونيديات شبه الجنسين السابقين فى طبيعة تكوين الكونيديات ؛ فقد تتكون قميا acrogenous ، أو قميا وجانبيا acropleurogenous ، أو فى شكل حلزونى ملتف daliiform (شكل ٢ - ١٦) .

وليس من المألوف وجود كونيديات الفطريات الحفرية السابقة مع الهيفات الفطرية خلال الترسيب ، وأيضا نادرا ما تشاهد هذه الكونيديات على حواملها الكونيدية ؛ إذ إنها تكون - عادة - مبعثرة ؛ وعلى ذلك فإنه من الصعب على الباحثين التفريق بين كونيديات شبه الجنس *Helicodendron* وكونيديات شبه الجنس المناظر *Helicoon* .

ومن ناحية أخرى ، يتميز شبه الجنس الحفرى *Helicoonites* عن غيره من أشباه أجناس الفطريات الحفرية الأخرى (مثل : *Involutisporonites* ، *Colligerites* ، و *Helicominites* ، و *Helicosporiates* ، و *Paleoslimacomyces*) بالحوامل الكونيدية الملتفة بطريقة حلزونية فى لولب مجسم يشبه شكل القطع الناقص ؛ حيث يأخذ فى النهاية شكلا يشبه خلية النحل .

وجميع أشباه الأجناس السابقة تكون كونيديات فى مستوى فراغى واحد (مسطحة) ، ولكن فى سلسلة ملتفة على نفسها ، ما عدا فى شبه الجنس *Helicominites* ؛ فإنه يكون سلاسل كونيدية ملتفة على نفسها ؛ مكونة مجسما فراغيا ثلاثى الأبعاد .

وفى عينات مأخوذة من مناطق أثرية بالقرب من مدينة نورفولك Norfolk بانجلترا، أوضح الفحص الميكروسكوبى وجود كونيديات مشابهة للفطر المعاصر *Helicoon richonis* ، إلا أن كونيديات الفطر الحفرى كانت أكبر قليلا من النوع المعاصر ؛ وهذا يدل على تطور النوع المعاصر من أسلاف حفرية بائدة .

شبه الجنس : 2 - Form Genus *Helicosporiates* Kalgutkar & Sigler

ومن أهم أنواعه الفطر الحفرى *Helicosporiates pirozynskii* ؛ حيث يشتق اسم الجنس الحفرى من أسم شبه الجنس المعاصر *Helicosporium* ؛ بينما يشتق اسم النوع من اسم الباحث Dr. Kris A. Pirozynskii تقديرا لأبحاثه . ولقد شوهد هذا الفطر الحفرى فى خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay formation .

وتتميز كونيديات هذا الفطر الحفرى ببساطة التركيب ، كما ان لونها بنى إلى بنى باهت ، ملساء . والحوامل الكونيدية حلزونية ، بسيطة الالتفاف أو شديدة الالتفاف ، أسطوانية الشكل ، عديدة الخلايا ، الكونيديات ملتفة بطريقةٍ لولبية فى مستوى واحدٍ (شكل ٢ - ١٤ - ١٥ ، ١٦) . وقد تلتف فى شكلٍ قوقعىّ مجسم (شكل ٢ - ١٤ - ١٧) ويتراوح قطر الكونيدة بين ٣٠ ميكرونا و ٤٠ ميكرونا .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى مع كونيديات شبه الجنس المعاصر *Helicosporium* إلى حَدٍ بعيدٍ . وعند مقارنة صفات الفطر الأخير بغيره من الفطريات المشابهة (مثل شبه الجنس *Helicomyces* link) ، نلاحظ أن كونيديا الجنسين السابقين محمولة على حوامل كونيدية مقسمةٍ أسطوانية الشكل ، بنية اللون فى شبه الجنس *Helicosporium* وشفافة فى شبه الجنس *Helicomyces* .

ولقد أدت مقارنة صفات الكونيديات وحواملها الكونيدية للفطريات الحفرية البائدة بما يناظرها من أشباه الأجناس المعاصرة إلى وضع مفهوم حديث لنظرية تطور الكونيديات وطبيعة حملها على حواملها الكونيدية ؛ فمثلا تُحْمَل كونيديات شبه الجنس *Helicosporium* على حوامل كونيدية جيدة التكوين (شكل ٢ - ١٧) ، بحيث يسهل تمييزها عن الهيفات الفطرية وعن الكونيديات التى تحملها.

وتتميز هذه الحوامل الكونيدية بأنها طويلة ، أسطوانية الشكل ، بنية اللون ، مقسمة ، بسيطة أو متفرعة ، تحمل كونيدياتٍ داكنة أو فاتحة اللون ، حلزونية الشكل ، تتكون قميًّا مكونة سلاسل مستقيمة أو قميًّا وجانبيًّا مكونة سلاسل متفرعة .

أما فى شبه الجنس *Helicomyces* فإن الكونيديات تكون شفافة ، تلتف حول نفسها بشدةٍ ، وتتكون قميًّا مكونة سلاسل مستقيمة . تحمل هذه الكونيديات على حوامل كونيديةٍ قصيرةٍ ، بسيطةٍ ، شفافةٍ ، تظهر على جوانب الهيفات الفطرية .

ويختلف شبه الجنسين الحفريـــن *Helicosporiates* و *Involutisporonites* عـــن بعضهما فى وجود الالتفافات الحلزونية فى الحامل الكونيدى العديد الخلايـــــا ، بينمـــا يتميز شبه الجنس الحفرى الأخير بالكونيديـــات ذات العـــدد المحـــــدود مـــن اللفـــات الحلزونية والخلايا العريضة المغلظة .

ومن أشباه الأجناس الفطرية الحفرية الأخرى شبه الجنـــس *Colligerites* ؛ الـــذى تتكون كونيدياته من خلايا عديدة ملتفة بشدة ، تتكشف إلى منطقة مركزية تتكون مـــــن خلايا صغيرة مستديرة ، ومنطقة خارجية تتكون من خلايا كبـــيرة مســـتطيلة . هـــذه الصفات الكونيدية تجعل من السهل تمييز شبه الجنس الحفرى السابق عن غـــيره مـــن أشباه أجناس الفطريـــات الحفريـــة الأخـــرى ؛ بمـــا فيـــها شبـــه الجنـــس الحفـــرى *Helicosporiates* .

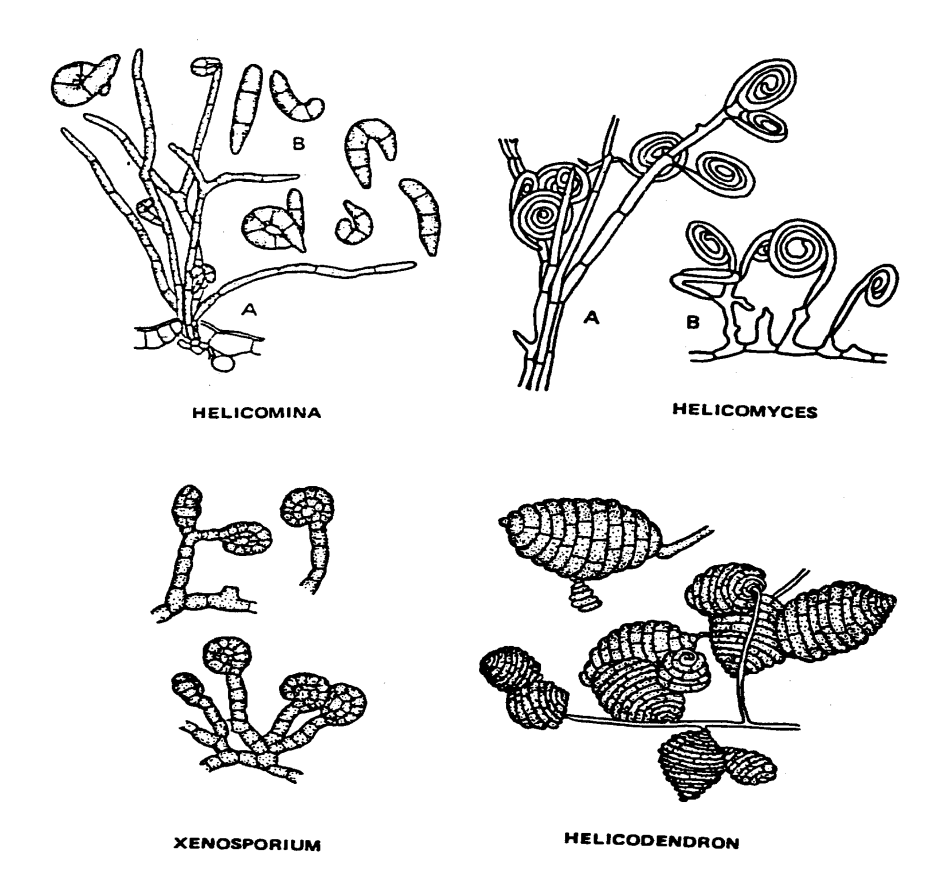
ومن ناحية أخرى ، فإن الكونيديات العديدة الخلايا ذات الجدر العرضية العديدة لشبه الجنس الحفرى *Helicominites* تتكون فى سلاسل ملتفة على نفسها فى شكل حلزونى مفتوح ؛ وهذا يميزها عن كونيديات شبه الجنس *Helicosporiates* .

3 - Form Genus : *Paleoslimacomyces* Kalgutka & Sigle :شبه الجنس

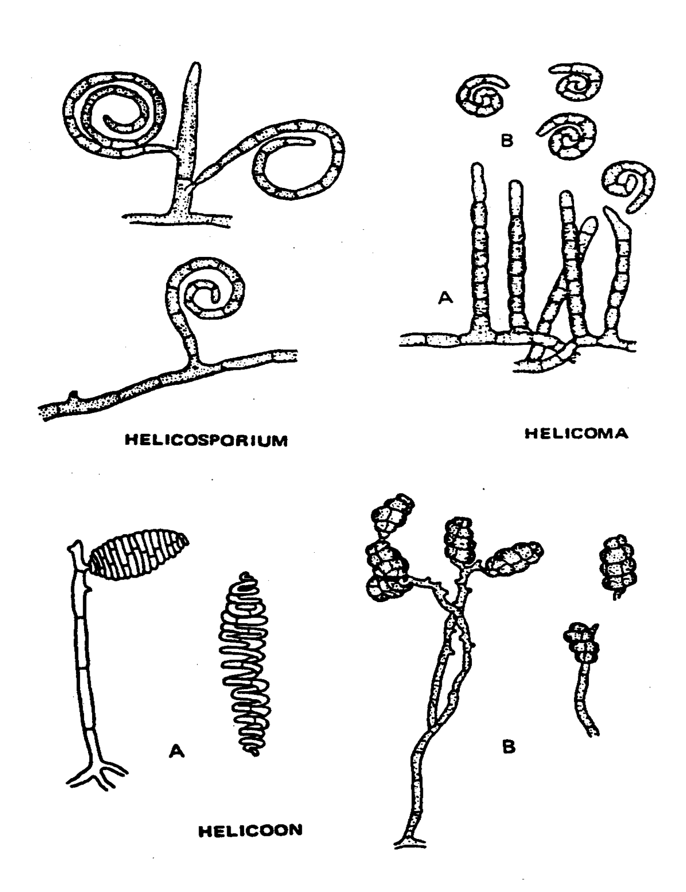
ومن أهم أنواعه الفطـــر *Paleoslimacomyces canadensis* Kalgutkar & Sigler ، حيث تظهر كونيديات هذا الفطر الحفرى بعض التشابه مع كونيديات الفطـــر المعاصر *Slimacomyces monospora* . ويشـــتق اسم نوع الفطر الحفرى الســـــابق من مكان اكتشافه (كندا) .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى *Paleoslimacomyces canadensis* بأنها بسيطة، فردية ، ملتفة حول نفسها ، منحنية تشبه شكل حدوة الحصان ، ملساء ، لونها بنى إلى بنى داكن ، مقسمة بجدر عرضية (من ٢ إلى ٣ جدر) ، كما أن الجدر الفاصلة داكنة اللون وعادة سميكة ولها ثقب مركزى . الخلية القمية شفافة أو بنية فاتحة ، بينما بقيـــة الخلايا ذات لون بنى داكن . تتميز الخلية القمية بأنها أسطوانية الشكـــل ، عريضـــة ، مستديرة ، بينما الخلايا المكونة لمحور الحلزون تكون منحنية ، والجدار الخارجى لـــها أكبر من الجدار الداخلى (شكلى ٢ - ١٤ - ١٨ ، ١٩) .

الحوامل الكونيديـــة قصيرة ، تتكون من ٣ - ٤ خلايا قصـــيرة منحنيـــة . ســـمك الحامل الكونيدى ٥ - ٦ ميكرونات ، بينما يبلغ قطر الكونيدة ١٣ - ١٦ ميكرونا .



شكل (٢ - ١٦) : الكونيديات ذات الشكل الحلقى وحواملها الكونيدية لبعض أشباه الأجناس المعاصرة ، والتى تتشابه مع بعض الفطريات الحفرية المكونة للكونيديات الحلقية والحلزونية .



شكل (٢ - ١٧) : الكونيديات ذات الشكل الحلقى وحواملها الكونيدية لبعض أشباه الأجناس المعاصرة ، والتى تتشابه مع بعض الفطريات الحفرية المكونة للكونيديات الحلقية والحلزونية .

وتتميز كونيديات هذا الفطر الحفرى عن غيرها من الكونيديات الحلزونية الموجودة فى الحفريات الفطرية الأخرى بأنها قصيرة بدرجة ملحوظة ومنحنية ، بحيث تكاد تلامس الحامل الكونيدى المحموله عليه .

كما تُظهر هذه الكونيديات بعض التشابه مع كونيديات بعض أشباه الأجناس المعاصرة ؛ مثل : *Helicoma* ، و *Helicomina* ، و *Trochophora* (شكلى ٢ - ١٦ ، ٢ - ١٧) ، وأيضاً تتشابه الحوامل الكونيدية ذات الشكل الحلقى لأشباه الأجناس السابقة فيما بينها ، وإن كانت تبدو أكثر نحافة فى الفطر الحفرى *Paleoslimacomyces canadensis* .

سادساً - رجل الثلج البدائى وفطريات العصر الحجرى :

ومن العصر الجليدى Glacial ، ظهر لنا اكتشاف علمىّ باهر لجثة إنسان بدائىّ من العصر الحجرى ، وجدته بعثة علمية فى نهر تيروليا المتجمد Tyrolean glacier بوسط أوربا عام ١٩٩٠ .

ولقد تناقلت وكالات الأنباء هذا الاكتشاف الهام ، خاصة أن جثة هذا الرجل كانت مازالت بحالة جيدة ، متجمدةً فى منعطف قليل الغور بالنهر المتجمد ، حيث يعتقد أنها لرجل صياد رحالة ، قد يكون مات خلال سفره ، حيث كان يرتدى سترة جيدة الصنع من جلود الحيوانات ، تمت حياكتها بعناية .

ووجدت مع هذا الرجل البدائى مأونته داخل سلة مصنوعة من أغصان الأشجار المجدولة ، تحتوى على بعض أدوات الصيد ، وأهم ما فيها - بالنسبة لنا - هو مجموعتان من الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب الرفية الثقبية ، ملفوفتان بعناية وحرص فى أحزمة جلدية معقودة داخل السلة ، ولقد أطلق على هذا الإنسان البدائى الرحالة لقب رجل الثلج glacier man .

ولقد تناول الباحثان Chapela & Lizon - من جامعة كورنيل Cornell بانجلترا - هذا الكشف العلمى فى مجلة Mycologist عام ١٩٩٣ تحت عنوان (فطريات العصر الحجرى) . وكان هذا الكشف أيضاً محل اهتمام العلماء والباحثين المهتمين بدراسة أصل الجنس البشرى وتطوره .

وفى هذه الفترة كان مناخ الأرض قد أصبح أكثر برودة مما كان عليه ، وتساقطت الثلوج بكثرة ، وخاصة على قمم الجبال ، ثم تكونت طبقات هائلة من الثلج فوق الأرض، حتى أطلق على هذا العصر (عصر الثلاجات) . وعلى الرغم من ذلك ، كانت هناك مناطق فى أوروبا أهلة بالسكان ، عمل أهلها غالبا بالصيد ، وخاصة حيوانات الرنة ، وكانوا رحالة يتعقبون فرائسهم .

ويعتقد أن هذا الرجل الثلجى كان ينتمى إلى إحدى العشائر البدائية التى كانت موجودة فى وسط أوروبا . وكان فى رحلة عبر الجبال ، ويبدو أنه حمل معه كل ما يحتاج إليه خلال رحلته الأخيرة هذه ، ومنها ثمار عيش الغراب الرفية الثقبية .

ولقد رجح العلماء أن لفائف عيش الغراب السابقة كانت تمثل أهمية خاصة لهذا الرجل البدائى فى رحلته . وحاول عديد من الباحثين معرفة الدور الذى يمكن أن تلعبه مثل هذه الثمار فى حياة رجل من العصر الحجرى ، فى بداية تاريخ الإنسانية على الأرض ، والذى لعبت الصدفة دوراً هاماً فى إزالة النقاب عنه .

ولقد عرفت بعض المجتمعات البدائية فى أوروبا التداوى بعيش الغراب ، وذكر أرسطو أن فطريات عيش الغراب الرفية استعملت كدواء مضاد للسعال ، وأثبت العلم الحديث ذلك ؛ بسبب احتوائها على مواد مضادة للبكتيريا ؛ مثل حمض الأجاريسيك agaricic acid الذى يوجد فى أحد الفطريات الرفية الثقبية ، والذى يطلق عليه اسم فطر عيش غراب اللاركس ذو الثقوب (*Lariciformes officinalis*) Larch polypore . وينمو هذا الفطر على جذوع أحد الأشجار الصنوبرية ، هو شجر اللاركس ، الذى كان ينتشر فى هذا العصر بأوروبا ، ومازال موجوداً حتى الآن .

وعلى ذلك فإن ثمار عيش الغراب – التى صاحبت رجل الثلج البدائى فى رحلته الأخيرة عبر الجبال – كانت فى الحقيقة دواء فى حقيبة الإسعافات الأولية (First - aid kit on a string) ، تعينه على تحمل آلامه خلال رحلته الطويلة .

وناقشت مجموعة أخرى من الباحثين ، احتمالات مختلفة تفسر سبب احتفاظ رجل الثلج البدائى لمجموعته من ثمار عيش الغراب ؛ حيث اقترحت أن يكون السبب فى ذلك يتعلق بالبيئة القديمة التى كان يعيش فيها هذا الإنسان الحجرى ، واحتياجاته اليومية التى لا نفطن إليها نحن فى بيئتنا الحديثة .

ولقد ذكر هؤلاء الباحثون أن بعض المجتمعات البشرية القديمة استعملت ثمارا لأنواع معينة من عيش الغراب الجافة ، التى تتميز بسرعة اشتعالها كمادة سريعة الاشتعال ؛ عند رغبتهم فى إيقاد النار لاستعمالها فى أغراضهم اليومية .

وقد ساعد على هذا الاعتقاد السابق ، وجود بعض الأدوات البدائية داخل سلة هذا الرجل البدائى ، قد تكون بغرض استعمالها فى إشعال النار ؛ مثل ساق خشبية صغيرة ، وقطعة من حجر البيريت ؛ وهو حجر يتكون من الكبريت والحديد .

ولقد استكمل هؤلاء الباحثون دراستهم ، وذلك بفحص محتويات السلة فحصا ميكروسكوبيًا . وكم كان مثيراً للدهشة اكتشاف بقايا كربونية لآثار فحم على قطعة الخشب وحجر البيريت ، وأيضاً حول قطع ثمار عيش الغراب الجافة المتناثرة فى سلة الرجل البدائى .

هذه المشاهدات جعلت الاعتقاد باستعمال ثمار عيش الغراب السابقة كمادة قابلة للاشتعال أكثر منطقية من ذى قبل ؛ وبذلك قد تكون هذه المواد البدائية التى وجدت مع رجل الثلج هى أول قدّاحة معروفة من العصر الحجرى .

وتناول بعض الباحثين فى مجال دراسة سلوك الإنسان عبر التاريخ هذه النتائج الهامة بالمناقشة والتحليل ، حيث أيدوا الرأى السابق ، على أساس أن هذا الرجل الرحالة يحتاج خلال رحلته الطويلة – خاصة تحت الظروف المناخية الباردة السابق الإشارة إليها – إلى قبس من النار يستدفئ به ، ويؤنس وحدته فى رحلته الموحشة ، ويبعد عنه الحيوانات البرية الضارية خلال نومه ، أكثر من احتياجه إلى جرعة دواء تخفف من حدة السعال .

ثم ظهر رأى ثالث لمجموعة من الباحثين فى نفس المجال السابق ، حيث اعتقد هؤلاء الباحثون أن الشعوب البدائية القديمة كانت تنظر إلى عيش الغراب نظرة تقديس وتبجيل ، وقد يكون هذا الرجل البدائى قد زار أحد حكماء عشيرته ، وحمل منه بعض ثمار عيش الغراب التى اعتقد فى بركتها ، بعد أن لفها بعناية فى سيور من جلد الحيوان ، حتى تحفظ هذا الإنسان البدائى من مخاطر رحلته الطويلة . وبهذا قد تكون هذه اللفافة هى أول تعويذة معروفة فى تاريخ الإنسانية الطويل .

وعلى هذا ، فهناك ثلاثة احتمالات ، تفسر سبب احتفاظ رجل الثلج البدائـــى بـــهذه اللفائف من ثمار عيش الغراب خلال رحلته عبر الجبال ، وإن كـــان بعـــض العلمـــاء والباحثين يميلون إلى التفسير الأول .

ولقد قام بعض الباحثين بمزيد من الدراسات حول هـــذا الموضـــوع ، فوجـــدوا أن عينات ثمار عيش الغراب التى وجـــدت فى سلة رجل الثلج تحتوى على عدة أنواع من ثمار عيش الغراب الرفية ، وليس نوعاً واحداً ، وأن غالبية الثمـــار الموجـــودة تابعـــة للفطر *Piptoporubetulinus* الذى يحتوى على مواد فعالة طبيًّا ضد السعال ، بينما لا يمكن استعمالها كمادة سريعة الاشتعال لإيقاد النار .

وهناك فطريات عيش غراب أخرى ، استعملت بعد تجفيفها لإشعال النار فى عديـــد من المجتمعات البشرية البدائية القديمة مثـــل ؛ *Lenzites betulina* ، و *Daedalea quercina* ، ولم تشاهد هذه الأنواع فى سلة رجل الثلج .

وعلى ذلك ، فنحن أمام رجل رحالة من العصر الحجرى ، كان فى رحلة عبر جبال وسط أوروبا ، وكان يحمل معه سلة الإسعافات الأولية بما فيها مـــن أدوات ، وأيضـــاً على ثمار أحد فطريات عيش الغراب الرفية الثقبية التى كانت معروفة لديـــه ، والتـــى كانت عشيرته تستعملها للتخفيف من حدة السعال .

وربما كانت تنتاب هذا الرجلَ الرحالة نوباتٌ من السعال خلال تنقلاته ، فحـــرص على أن يـــكون معه دواؤه ملفوفاً بعناية وإحكام بسيور من الجلد ، معقـــودة داخـــل سلته الخـــوص ، ليكون فى مأمن من متـــاعب الســـعال وهو فى رحلته الطويلة ؛ إلا أن القدر لم يمهله لاستعمالها ، ومات ودفن وســـط النـــهر المتجمـــد ، ليظـــل آلاف السنين مجمـــداً ، حتى تعثر عليـــه البعثة العلمية ، وتنقل لنـــا جـــزءاً مـــن التـــاريخ الإنسانى البعيد ، لرحالة من العصر الحجرى يحمل لنا عينة من ثمار عيـــش الغـــراب الحفرية .

: References سابعا ـ المراجع

Atkinson. G. F. (1915) . Phylogeny and relationships in the Ascomycetes. Ann. Missouri Bot. Gard. 2 : 315 - 376 .

Barr. D. J. S. (1981) . The phylogenetic and taxonomic implications of flagellar rootlet morphology among zoosporic fungi-Biosystems. 14 : 359 - 370 .

Barron. G. I. (1983) . The genera of Hyphomycetes from soil. Robert E. Krieger. Publishing Company. Malabar. Florida.

Bowman. B. H. ; T. W. Taylor ; A. G. Brownlee ; J. Lee ; S. D. Lu and T. J. White (1992) . Molecular evolution of the fungi : relationship of the Basidiomycetes. Ascomycetes and Chytridiomycetes-Molecular Biology and Evolution. 9 : 285-296.

Cavalier-Smith. T. (1983) . A 6-Kingdom classification and a unified phylogeny - In W-Schwemmler and H. E. A. Schenk (eds.) Endocytobioloy. 1027 - 1034 .

Chapela. I . H . and P. Lizon (1993) . Fungi in the stone age. The Mycologist. 7 (3) : 121.

Cookson. J. C. and A. Eisenack (1979) . Some algae fom cretaceous sediments of Australia. Neues Jahrbuch fur Geologic und Palaeontologie-Monatesehefte 2 : 77 - 82 .

De Bary. A. (1887) . Comparative morphology and biology of the fungi. Clarendon Press. Oxford

Dennis. R. L. (1969) . Fossil mycelium with clamp connections from the middle Pennsylvanian. Science. 163 : 670 - 671 .

El-Saadawy. W. E. (1966) . Studies in the flora of the Rhynie Chert. Ph. D. Thesis. Department of Botany. University College of North Wales. Bangor. UK.

Elsik. W. C. (1992) . The Morphology. taxonomy. classification and geologic occurrence of fungal palynomorphs. A short course presented under the auspices of the American Association of Stratigraphic Palynologists. Inc. 26 - 28 February .

Gerdemann. J. W. and J. M. Trappe (1974) . The Endogonaceae in the Pacific Novdwest-Mycologia Mem 5-New York Botanical Garden. New York .

Goos. R. D. (1987) . Fungi with a twist : the helicosporous Hyphomycetes. Mycologia. 79 : 1 - 22 .

Hughes. S. J: (1979) . Relocation of species of *Endophragmia* auct. with notes on relevant generic names. New Zealand Journal of Botamy. 17 : 139 - 188 .

Kalgutkar. R. M. (1993) . Paleogene fungal palynomorphys from Bonnet plume formation. Yukon territory. Contributions to Canadian paleontology. Geological Survey of Canada Bulletin. 444 : 51 - 105 .

:ıigutkar. R. M. and L. Sigler (1995) . Some fossil fungal formtaxa fom the Maastrichtian and Palaeogene ages. Mycol. Res. 99 (5) : 513 - 522 .

·idston. R. and H. W. Lang (1921) . An old red sand stone plants showing structure. from the Rhynie chert bed. Aberdeen shire-Part V. The thallophyta occurring in the peatbed. Transaction of the Royal Society of Edinburgh. 52 : 855 - 902 .

Millay. M. A. and T. N. Taylor (1978) . Chytrid - like fossils of Pennsylvanian. Science. 200 : 1147 - 1149 .

Petit. M. and A. Schneider (1983) . Chemical analysis of the wall of the yeast form of *Taphrina deformans*. Arch. Microbiol. 135 : 141 - 146 .

Pirozynski. K. A. (1976) . Fossil fungi. Annual Rev. Phytopath. 14 : 237 - 246 .

Powell. M. J. (1978) . Phylogenetic implications of the microbody - lipid globale complex in zoosporic fungi-biosy stems. 10 : 167 - 180 .

Saccardo. P. A. (1899) . Sylloge fungorum omnium lucusque cognitorum - vol. 14 - 1316 pp.

Schopf. J. W. and E. S. Barghoorn (1969) . Microorganisms from the late Precambrian of South Australia - Journal of Paleontology, 43 : 111 - 1118 .

Simmoms. E. G. and R. G. Roberts (1993) . *Alternaria* themes and variations (73) . Mycotaxon. 48 : 109 - 140 .

Smith. P. H. and W. G. Chaloner (1979) . Is *Piriurella* Cook- Son & Eisenack an alga or a fungus ?. Newes Jahrbuch fur Geologie und Palaeontologie. Monatsheft. 11 : 701 - 704 .

Smoot. E. L. ; T. N. Taylor and T. Delevoryas (1983) . Structurally preserved fossil plants from Antarctica. I *Antarcticycas* gen-nov.. a Triassic cycad stem from the Beard more Glacier area. Amer. J. Bot. 72 : 1410 - 1423 .

Stubblefield. S. P. and T. N. Taylor (1983) . Studies of Paleozic fungi I. The structure and organization of *Traquairia* (Ascomycota) . Amer. J. Bot. 70 : 387 - 399 .

Stubblefield. S. P. ; T. N. Taylor and J. M. Trappe (1987) . Vesicular - arbuscular mycorrhizae from the Triassic of Antarctica. Amer. J. Bot. 74 : 1904 - 1911 .

Takahashi, K. (1991) . Fungal and algal palynomorphs from the Tokatan and Kiritappu formation of the Nemuro group. Eastern Hokkaido. Japanese J. Palymology. 37 : 151 - 168 .

Taylor. T. N. and J. F. Jr. White (1989) . Fossil fungi (Endogonaceae) From the Tirassic of Antarctica-American J. Bot. 76 : 389 - 396 .

Taylor. T. N. ; W. Remy and H. Hass (1992) . Fungi from the lower devonian Rhynie Chet. Chytridiomycetes. Amer. J. Bot. 79 (11) : 1233 - 1241 .

Trevedi. B. S. and C. L. Verma (1970) . Fungal remains from Tertiary coal bed of Malaya. J. Palynology. 5 : 68 - 73 .

Wagner. C. A. and T. N. Taylor (1981) . Evidence for Endomycorrhizae in Pennsylvanian age plant fossils. Science 212 : 562 - 563 .

Wiliamson. W. C. (1880) . On the organization of fossil plants of the coal measures - X. Philos - Trans. 171 : 493 - 539 .




الباب الثالث
50 μm
20 μm
الفطريات المائية

الباب الثالث
الفطريات المائية
Aquatic Fungi

مقدمة :

من الصعب وضع حدودٍ معينةٍ ، تفصل بين الفطريات المائية ، وغيرها من الفطريات الأخرى ، ويرجع ذلك إلى أن معظم الفطريات يمكنها أن تنمو على البيئات السائلة المهتزة ؛ لاحتياج الفطر إلى الأكسوجين ، ولو بكميةٍ ضئيلةٍ .

وعلى الرغم من أن الماء يغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض، إلا أن نسبة الفطريات التى تقطن البيئة المائية لا تزيد على ٢٪ من جملة الفطريات المعروفة . ويدل هذا على أن الفطريات – ذات النشأة المائية – قد تطورت وتوطنت على اليابسة ، وانتشرت بين حبيبات التربة ، وعلى سطوح المجموع الخضرى للنباتات .

ومن ناحية أخرى ، فإن عدد الدراسات التى أجريت على الفطريات المائية aquatic fungi أقل بكثير جدا من تلك التى أجريت على الفطريات الأرضية terrestrial fungi؛ وهذا يوضح ندرة الباحثين العاملين فى هذا المجال .

والسبب فى ندرة الفطريات المائية – بالنسبة إلى الفطريات الأرضية – أن البحار والمحيطات توفر بيئة محدودة التغيير فى درجات الحرارة والملوحة ، بالإضافة إلى أن المواد العضوية – مثل الطحالب ، والأعشاب البحرية ، والأخشاب الطافية – التى توفر الاحتياجات الغذائية لهذه الفطريات – تتركز على الشواطئ أو بالقرب منها .

وبناء على ذلك ، تعتبر البحار والمحيطات المفتوحة عبارة عن صحار فطرية ؛ حيث توجد فيها بعض الخمائر والفطريات البدائية ، بالإضافة إلى الحيوانات الصغيرة العالقة بالقرب من سطح الماء .

وتتميز الفطريات القاطنة للبيئة المائية aquatic environment بأنها تقضـــى دورة حياتها كاملة فى الماء ، بينما يقضى بعضها جزءً من حياته فى الماء ، والجزء الآخـر على اليابسة ، ويطلق على مثل هذه الفطريات برمائيـة amphibious ؛ لذلـك يجـب التفرقة بين هذه الفطـريات ، والفطـريات الأرضيـة terrestrial fungi التـى قـد تقضى بعض أفـرادها فترةً مؤقتة فى الماء ؛ نتيجة انتشـار جراثيمـها بالريـاح وسقوطها فى الماء .

وهذا ما يدعونا إلى تعريف الفطريات المائية تعريفاً دقيقاً وواقعيًا ، يفرق بينها وبين غيرها من الفطريات الأخرى . فالفطريات المائية هى تلك التى وطدت نفسـها علـى الحياة فى البيئة المائية ، وتحورت تركيباتها بحيث تلائم هذه البيئة ، حيث يطلق علـى هذه الفطريات اسم الفطريات القاطنة للبيئة المائية indwellers .

أما الفطريات التى تقضى فترةً من حياتها فى المـاء ، فإنـها تسـمى الفطريـات المهاجرة immigrants ، بينما تعرف الفطريات التى تقضى فترةً مؤقتة من حياتـها – عن طريق الصدفة – فى الماء بـ " الفطريات الحرة versatiles " .

ويتحكم فى نمو الفطريات القاطنة للبيئة المائية مجموعة من العوامل البيئية ، مثـل توفر المواد الغذائية ، وكفاءة الفطر فى التجرثم فى الماء . بينمـا تتواجـد الفطريـات المهاجرة مادامت الظروف مناسبة ، وتقل عشيرتها إذا كانت الظروف غير مواتيـةٍ ؛ مثل نقص الأكسوجين ، أو قلة الغذاء .

وقد تنمو مثل هذه الفطريات المهاجرة دون تكوين جراثيم فى البيئة المائية ؛ وبالتالى لا تستطيع الانتشار إلى مناطق جديدة .

وهناك بعض الفطريات المائية المتطفلة parastic fungi التى تـهاجم عديـداً مـن العوائل ؛ مثل بعض الأحياء المائيـة الدقيقـة plankton ، والطحـالب ، والحشـائش البحرية ، والأسماك ، وغيرها من الحيوانات البحرية .

وتكاد تتمثل جميع المجاميع الفطرية بأفراد فى هذه البيئة المائية ؛ فتوجد فطريـات مكونة للجراثيم السابحة تتبـع فطريـات الماسـتيجومايكوتات Mastigomycotina ، وبعض الفطريات الزيجية Zygomycotina ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأسـكية Ascomycotina ، والفطريات الناقصة Deuteromycotina ، بينما توجد أعداد قليلـة من الفطريات البازيديةBasidiomycotina فى البيئة المائية .

أولاً - طبيعة البيئة المائية :

هناك اختلافات كبيرة فى البيئة المائية aquatic environment ، مقارنة بتلك الاختلافات الموجودة فى البيئة الأرضية ؛ مثال ذلك المناطق القطبية ، والماء الناتج عن إنصهار الثلوج ، ومياه البحار والمحيطات ، والبحيرات المالحة الداخلية والمفتوحة، وبحيرات الماء العذب ، والبرك والمستنقعات ، والأنهار والنهيرات ، ومصبات الأنهار ، والجداول ، والترع ، والمصارف ، وغير ذلك .

ويكون الماء على حواف المسطحات المائية السابقة بيئاتٍ مختلفة للفطريات المائية ؛ حيث يلامس رمال الشاطئ وصخورها ، وقد يكون ملامساً للتربة الطينية كما فى المجارى المائية وسط اليابسة ، أو ملامساً للنباتات والأعشاب البحرية ، أو جذور الأشجار التى تنمو ساحليًا ؛ مثل أشجار المانجروف . وفى جميع الحالات السابقة ، يلامس سطح الماء الهواء .

وحيث إن الهواء وحبيبات التربة ورمال الشاطئ وصخورها - وأيضاً سطوح النباتات - تحتوى على أنواع مختلفةٍ من الفطريات ، فإن تلك الفطريات تتحرر وتسقط وحداتها - وهى غالباً جراثيم - فى الماء . ومن ناحيةٍ أخرى ، يحتوى الماء على عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة ؛ ومنها الفطريات بطبيعة الحال ، التى قد تجد طريقها إلى البيئات المختلفة المحيطة بالبيئة المائية .

ثانياً - طرق دراسة الفطريات المائية :

يرتبط اختيار طريقة دراسة الفطريات المائية ليس فقط بالهدف من هذه الدارسة ، ولكن أيضاً بنوع مجموع الفطريات المراد دراستها ، فاتباع طرقٍ مختلفةٍ لدراسة مجموعةٍ واحدةٍ من هذه الفطريات يؤدى إلى نتائج متباينةٍ .

فعلى سبيل المثال استخدام Park (1972) طريقة أطباق التخفيف ، dilution plate method ، والفحص الميكروسكوبى المباشر direct observation ، والمصائد الفطرية fungal baiting ، وطريقة الأطباق المصبوبة particle plate technique فى دراسة عينةٍ واحدةٍ من الماء ، وحصل على نتائج لفطرياتٍ مختلفةٍ ؛ فمثلاً كانت طريقة المصائد الفطرية أكثر مناسبة لعزل الجراثيم الهدبية للفطريات البيضية ، وطريقة الأطباق المصبوبة كانت مناسبة لعزل الفطر *Pythium* ، وأيضاً

الفطريات الموجودة على الأجزاء النباتية ؛ مثل : *Alternaria* ، و *Cladosporium* ، و *Aureobasidium* ، و *Epicoccum* ، بينما لا تصلح هذه الطريقة لعزل الفطريات الهيفية المائية ؛ وهذا يوضح أهمية اختيار الطريقة المناسبة لدراسة الفطريات المائية للحصول على نتائج واقعية .

ثالثا - الفطريات البحرية Marine fungi :

تعتبر البيئة البحرية marine environment بيئة خاصة تؤثر فيها مجموعة من العوامل الكيميائية والطبيعية والحيوية ، والتى تؤثر على توزيع ونشاط وانتشار الفطريات القاطنة لمياه البحار . وتتميز مياه البحار - عن غيرها من المسطحات المائية الأخرى - فى محتواها العالى من الأملاح ؛ حيث تختلف الكمية الكلية من المواد المذابة فى عينات مياه البحر (لكل لتر)؛ وذلك تبعا للموقع الذى أخذت منه ، ومعدل التبخير فيه ، وقربه من مصب المياه العذبة .

لذلك يمكن أن تختلف نسبة الملوحة لأقل من ٠,٥٪ فى مصبات الأنهار ، بينما قد تصل إلى ٣,٧٪ أو أكثر فى المناطق البعيدة عن هذه المصبات . وتقدر نسبة الملوحة المعتادة فى بحار ومحيطات العالم بحوالى ٣,٣- ٣,٧٪ ، ومتوسط الملوحة ٣,٥ ٪ . كما تعتبر نسب الأملاح المختلفة الذائبة فى ماء البحر ثابتة تقريبا ، ولكنه من الممكن أن تتغير هذه النسبة عند القرب من اليابسة أو الأنهار ، أو نتيجة لحدوث تلوث معين ؛ سواء بماء الصرف الزراعى ، أم الصحى، أم بالماء المتخلف عن الصناعات المختلفة.

وتقع حموضة مياه البحر (pH - value) بين ٧,٥ و ٨,٤ ، ولكنها عادة ما تكون بين ٨,١ - ٨,٣ عند سطح البحر . ويلعب نشاط التمثيل الضوئى وتنفس الكائنات النباتية الدقيقة العالقة عند سطح البحر phytoplankton دورا كبيرا فى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون الذائب ؛ وعلى ذلك نجد أنه فى حالة انخفاض معدل التمثيل الضوئى ، يقل تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ مما يؤدى إلى ارتفاع رقم الحموضة إلى ٨,٣ - ٨,٥ .

وتتراوح درجة حرارة مياه البحر تبعا للعمق ، وخط العرض ، وفصول السنة ، والوقت من اليوم . كما تتأثر العوامل السابقة بالبرودة الناتجة عن الماء المنصهر من الثلوج وحركة الرياح فوق سطح الماء ، وكذلك التيارات المائية الرأسية والأفقية .

فبالقرب من القطبين الشمالى والجنوبى ، تنخفض درجة حرارة الماء إلى أقل من درجة الصفر المئوى، وقد يتجمد سطح الماء فى مناطق شاسعةٍ من المحيط (المحيط المتجمد الشمالى)، بينما ترتفع درجة حرارة سطح الماء إلى ٢٠°م عند خط الاستواء ، ولا تقل عن ذلك طوال العام . وكلما زاد العمق فى مياه البحار والمحيطات، انخفضت درجة الحرارة .

هذه العوامل السابقة – وغيرها – تؤثر تأثيرا مباشرا على انتشار ونشاط الكائنات الحية البحرية ، ومنها الفطريات بطبيعة الحال . ولقد وصفت الفطريات البحرية لأول مرةٍ فى منتصف القرن التاسع عشر عن طريق الفرنسيان Durieu & Montagne، ولكن دراسة هذه الفطريات لم تبدأ إلا عام ١٩٤٤ عن طريق Barghoorn & Linder، وعلى الرغم من ذلك لم تنل الفطريات البحرية حظًا وافرا من الدراسة حتى الان .

ولقد شكك بعض الباحثين فى النشاط الحيوى للفطريات البحرية ودورها فى البيئة البحرية ؛ فذكر Dowman (1970) أن الفطريات لا تستطيع البقاء حية فى هذه البيئة نتيجة نقص الأكسوجين وزيادة نسبة الأملاح ، بينما عزى Fenchel (1972) تحلل المواد العضوية النباتية فى مياه البحار إلى النشاط الحيوى للبكتريا وليس للفطريات . وبعد ذلك أجرى Jones (1988) بحثا بعنوان " هل توجد فطريات فى البحار ؟ " .

ولعل هذا يجعلنا بدورنا نتساءل : هل توجد حقًا فطريات فى مياه البحار والمحيطات ذات الملوحة العالية التى تصل إلى أكثر من ٣,٠ ٪ ؟ وهل لهذه الفطريات دور فعال فى البيئة البحرية بالمقارنة بغيرها من الكائنات الحية البحرية الدقيقة الأخرى ؟ إن هذه الأسئلة – وغيرها – تكشف قلة المعلومات حتى لدى الباحثين فى مجال الفطريات .

لقد تم وصف حوالى ٥٠٠ فطر بحرىٍ حتى الان ؛ حيث عُزل ما يقرب من ثلث هذا العدد من الفطريات البحرية من الأخشاب الطافية على سطح الماء ، كما عُزل عدد يقارب لما سبق من الطحالب والأعشاب البحرية ؛ لذا يمكن القول بأن الفطريات البحرية الحقيقية تغطى جميع طوائف الفطريات ؛ حيث تظهر بعض الفطريات البحرية الأولية lower marine fungi التابعة للماستيجوميكوتات Mastigomycotina والتى تتميز بإنتاج جراثيم هدبيةٍ سابحةٍ ، وبعض الأفراد المتطفلة من رتبة الفطريات

الكيتريدية Chytridiales ورتبة اللاجنيديـــلات Lagenidiales التـــى تتطفـــل علـــى الطحالب البحرية ، بينما تنمو بعض الأفراد الأخرى منها مترممة .

وتعتـــبر الفطريـــات التابعـــة لرتبـــة الفطريـــات البيضيـــة الشبيهـــة بالكتيريديـــة Thraustochytriales ، وأيضاً رتبة Labrinthulales فطريات بحـــــرية إجباريـــة ؛ حيث لا توجد فى موطنٍ اخـــر غير مياه البحار . وهذه الفطريات التى قســـمت فيمـــا مضى على أنها تتبع الكائنات مشكوكة القرابة بالفطريات ، أعاد Porter عـــام ١٩٨٩ وضعها فى قبيـــلةٍ منفصـــلةٍ ؛ هى قبيلـــة فطريـــات العـــفن الهلاميـــة الشبكيـــة : Phylum Labyrinthomycota . ويلاحظ غياب الفطريات الزيجية عن التواجـــد فـــى مياه البحار .

أما بالنسبة للفطريات البحرية الهدبية الراقية، فهى تضم حوالى ٣٠٠ نـــوع معظمها يتبع الفطريات الأسكية والناقصة ، بينما قليل منها بازيدى ، حيث يبلغ عدد الأجنـــــاس البازيدية فى مياه البحار أربعة أجناس ، تنمو ثلاثة منها على الأخشاب الطافيـــة علـــى سطح الماء ، بينما يسبب الجنس الرابع *Ruppia maritima* تفحم قواعد أوراق وسيقان أحد الأعشاب البحرية .

ومن الفطريات البازيدية التى تـــهاجم الأخشـــاب الطافيـــة فطـــر *Digitatispora marina* الذى يتبع الفطريات البازيديـــة ذات الطبقـــة الخصيبـــة Hymenomycetes والفطر *Nia vibrissa* التابع للفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes . ويلاحظ أن الجراثيم البازيدية فى الفطريات البحرية تأخذ شكلا عديـــد الأذرع ، ممـــا يجعلـــها تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المائية الهيفية (شكل ٣ – ١) .

ومن ناحيةٍ أخرى يلاحظ أن الأجسام الثمرية للفطريات الأسكية والبازيدية تكون – عادةً – صغيرة الحجم ؛ مثال ذلك الجسم الثمـــرى للفطـــر البـــازيدى *Halocyphina villosa* ؛ وهذا يعكس – دون شكٍ – الظـــروف التى تعيش فيـــها هـــذه الفطريـــات البحرية؛ حيث إن الأجسام الثمرية الكبيرة واللحمية ستكون هدفاً لبكتيريا العفن البحرية.

ومعظم الفطريات البحرية التى تستوطن الأخشاب الطافية المحللـــة للجنيـــن تتبـــع الفطريات الأسكية ؛ حيث وصف حوالى ١٤٩ جنساً ، معظمها تكوّن أجســـاماً ثمريـــة دورقيةً perithecia ؛ بينما شوهد فطران يكونان أجساماً ثمرية مقفولـــة clestothecia وفطراً واحداً يكّون أجساماً ثمرية مفتوحة apothecia هو الفطـــــر *Orbilia marina*

المسبب لعفن الطحالب النامية على سطح البحـــر ، وبالإضافة إلى مـــا ســـبق يوجـــد حوالى ١٨٠ نوعاً من الخمائر البحرية .

وتتبع الفطريات الأسكية البحرية الفطريـــات المكونـــة لأجســـام ثمريـــةٍ دورقيـــة Pyrenomycetes و الفطريات المكونة لأجسام ثمريةٍ مطمورةٍ فـــى حشيـــات ثمريـــة Loculoascomycetes ؛ حيث مثلت كل مجموعةٍ رتبتيـــن . وتوجـــد تحـــت رتبـــة Sphaeriales حوالى ٨٤ نوعاً معظمها تحت عائلـــة Halosphaeriaceae ، بينمـــا وصل عدد الفطريات التابعة إلى تحت رتبة Dothideales إلى حوالى ٥١ نوعاً .

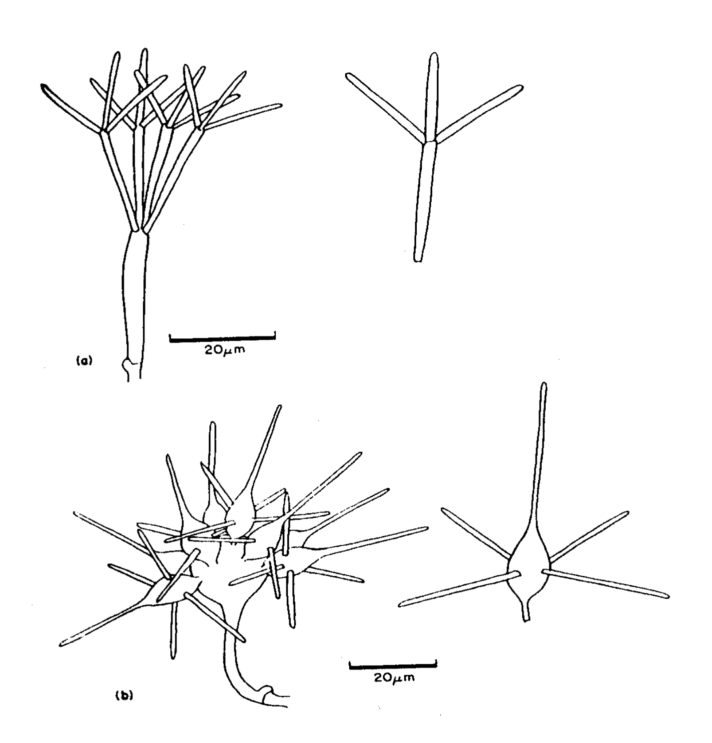
ومن الفطريات الأسكية البحرية الفطر *Ocostaspora apilongissima* الذى يكون أجساماً ثمريـــة دورقية ؛ حيث يتبع مجموعة Pyrenomycetes . ولقد وصـــف هـــذا الفطر لأول مرةٍ بواسطة (Jones et al. (1983 ؛ وذلك خلال عزل مجموعـــةٍ مـــن الفطريات البحرية من أخشابٍ طافيةٍ على سطح مياه خليج جزيرة San Juan بالولايات المتحدة .

ولقد تصادف عزل هذا الفطر فى عام ١٩٧٩ من الولايات المتحدة أيضـــاً ، ولكـــن تحت اسم *Halosphaeria appendiculata* ، وأيضاً تم عزله من سرى لانكا وعرف بأسم *Remisphora ornata* . ولقد تم عزل نفس الفطر من مناطق مختلفة من العالم ، وكانت المشكلة الدائمة هى التعريف السليم .

وفى عام ١٩٨٣ عزل (Jones et al (1983 هذا الفطر من على دعـــائم خشبيـــةٍ مغمورةٍ فى مياه شاطئ خليج Galway بجنوب أيرلاندا ، وتم تعريـــف الفطـــر بأنـــه *Halosphaeria appendiculate* Linder ؛ وذلك على أساس وجود زوائـــد طرفيـــةٍ ومحيطةٍ ذات شكلٍ ملعقىّ (شكل ٣ - ٤ - ٣) .

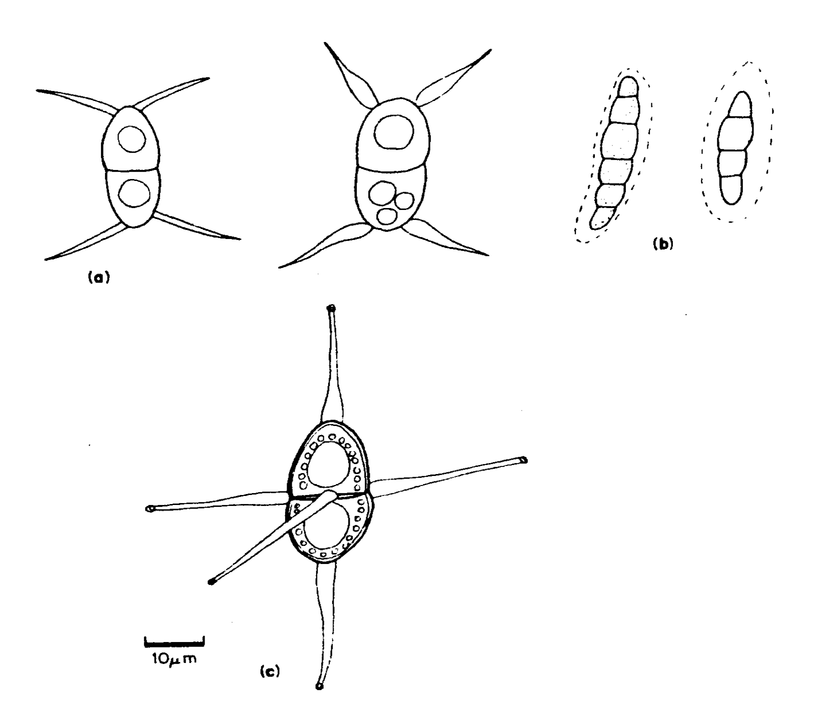
ولقد أظهرت الدراسات الحديثة (Flynn & Curran, 1994) أن الجراثيم الأسكية لهذا الفطر أصغر فى حجمها من الفطر *H. appendiculata* ، كما أن الزوائد الطرفية كانت أطول ؛ كما تراوح عددها بين ٦ و ٨ زوائد مخرزة الشكل .

ومن ناحيةٍ أخرى ، وجدت الأجسام الثمرية لهذا الفطـــر علـــى الدعـــائم الخشبيـــة المغمورة فى مياه البحر ؛ حيث كانت هذه الأجسام الثمرية الدورقية مطمـــورةً داخـــل حشيات ثمرية perithecial ascomata . ولقد تراوح ارتفاع هذه الحشيات الثمرية بين ٣٠٥,٩ و ٣١١,٨ ميكروناً ، بينما تراوح قطرها بين ٣٠٠ و ٣١٧,٦ ميكروناً .



شكل (٣ - ١) : a = الحامل البازيدى والجراثيم البازيدية الرباعية الأذرع للفطر *Digitatispora marina* .

b = الحامل البازيدى والجراثيم البازيدية الخماسية الأذرع للفطر *Nia vibrissa* .

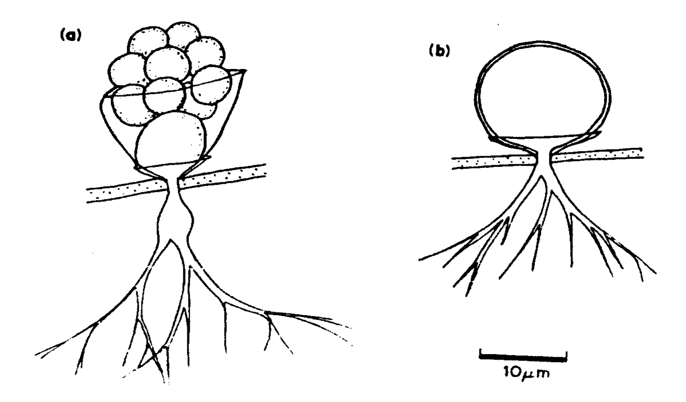


شكل (٣ - ٢) : جراثيم أسكية لبعض الفطريات البحرية الأسكية التى تستوطن الخشب الطـــافى فوق سطح الماء .

a = الفطر *Halosphaeria quadricornuta* والفطر *H. salina* .

b = الفطر *Leptosphaeria neomaritima* والفطر *L. contecta* .

c = الفطر *Ceriosporopsis calyptrata* .



شكل (٣ - ٣) : الفطر *Thraustochytrium proliferum* ، أحد الفطريات البحرية الشبيهة بالفطريات الكتيريدية .
a = كيس يحتوى على جراثيم سابحة zoosporangium .
b = كيس أسبورانجى ساكن .

وتميزت الأجسام الثمرية بأنها تحت كروية إلى منضغطة ، ذات لون بنى داكن ، ويتميز الجسم الثمرى بوجود عنق طوله ٦٤,٧ - ٨٨,٢ ميكرونا ، وقطره ٣٥,٣ - ٥٣,٠ ميكرونا . ويحتوى الجسم الثمرى على عديد من الأكياس الأسكية ، ذات القوام المرن . والجراثيم الأسكية طولها ١٣,٥ - ٢٠,٥ ميكرونا ، وعرضها ٤,٥ - ٧,٥ ميكرونا ، ذات شكل بيضى ، وتتكون من خليتين ؛ حيث يوجد انقباض عند الجدار الفاصل بينهما . والجرثومة الأسكية شفافة ، ذات زوائد طرفية طويلة ومحيطية مخرزة .

ولقد اعتمد Prof. Jones الأستاذ بجامعة Portsmouth على هذه الصفات لتعريف هذا الفطر البحرى بأنه *Ocostaspora apilongissima* .

وتتميز الجراثيم الأسكية فى تلك الفطريات البحرية بأنها ذات زوائد هيفية و/أو أغماد جيلاتينية ؛ حيث يعملان على مساعدة الجراثيم الأسكية على الطفو بالقرب من سطح الماء وعدم ترسيبها إلى عمق البحر ، وأيضا على تعلق الجراثيم الأسكية بالأجسام الطافية والأعشاب البحرية .

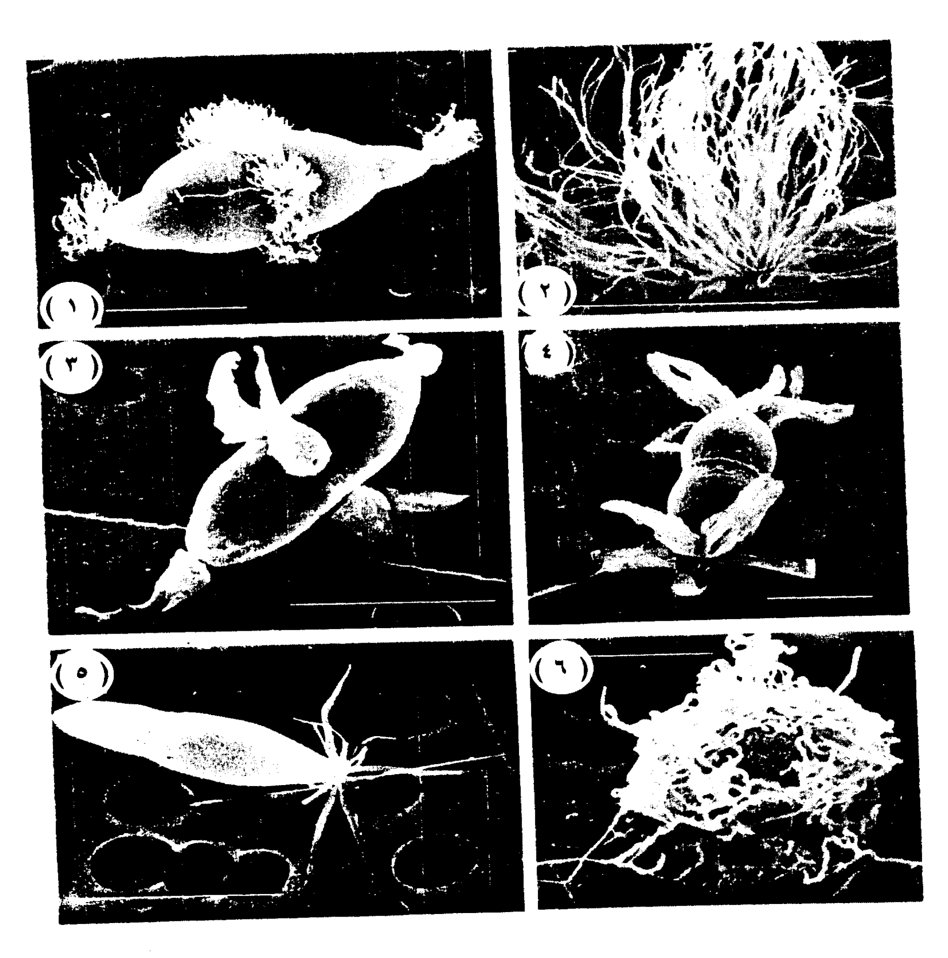
ولقد درس عديد من الباحثين أهمية الزوائد الهيفية التى تتميز بها الجراثيم الأسكية ، وأيضا الأذرع المتفرعة الموجودة على الجراثيم البازيدية فى الفطريات البحرية ؛ حيث وجد (Ress 1980) أن إزالة أذرع هذه الجراثيم وتفرعاتها الهيفية يعمل على سـرعة ترسيبها فى الماء إذا قورنت بالجراثيم العادية ذات الزوائد أو الأذرع. وهذا يدل علـى الدور الهام الذى تقوم به مثل هذه الزوائد الموجودة على سطح جراثيم الفطريات المائية فى المساعدة على طفوها على سطح الماء ، وعدم ترسيبها إلى القاع ؛ مما يؤدى إلـى عـدم إنباتها وموتها فى النهاية .

كما وجـد أن هذه الزوائـد تساعد على تعلق الجراثيم بالمواد الطافية على سـطح الماء ؛ مثل أوراق وفروع الأشجار ، والمواد العضوية الأخرى ، والريم النـاتج مـن تصاعد فقاعات الهواء مكونا شكلا رغويا . وتساعد هذه الزوائد أيضا على انتقال هـذه الجراثيم من مكان إلى آخر ؛ وخاصة إلى شاطئ البحر .

وتختلف أشكال الزوائـد الموجودة على الجـراثيم الأسكية للفطريـات البحريـة ؛ فهى أمـا أن تكون خيطيـة الشـكل ، مثـال ذلـك الفطريـات : *Aniptodera mangrovii* و *A. chesapeakensis* و *Cucullospora mangrovii* و *Trichomaris invadens* و *Appendichorella amicta* (شكـل ٣ - ٤ - ٦ ، ٧ ، ٨) ، وقـد تظهر بعض الجراثيم محاطـة بغطاء جـيلاتينى ؛ مثال ذلك الفطريات : *Pleospora quadrefoyi* و *Nimbospora effusa* ، و *L. australiensis* و *Leptosphaeria marina* ، كما تظهر بعض الزوائد الهيفية خارجة من الجـدار الخـارجى للجراثيم ؛ مثـال ذلـك الفطـر *Nereiospora cristata* (شكـل ٣ - ٤ - ١ ، ٢) والفطـر *Halosphaeria appendiculata* (شكل ٣ - ٤ - ٣) .

وقد تظهر الزوائد الهيفية طرفيـة و/أو قطـرية، كما فى حالة جراثيم الفطريـات البحريـة : *C. locera* و *Corollospora maritina* و *Groenhiella bivestita* (شكل ٣ - ٤ - ٧) ، والفطـر *Remispora maritima* (شكـل ٣ - ٤ - ٤) ، والفطـر *Halosphaeriopsis mediosetigera* والفطـر *Lanospora coronata* (شكل ٣ - ٤ - ٩) .

كما أن هناك بعض الفطريات التى تفرز قطرات من مادة جيلاتينية (مخاطية) من قمة جراثيمها الطرفيـة ؛ مثال ذلك الفطريات *Aigilus grandis* و *Lulworthia* spp. و *Kohlmeyerella tubulata* .



شكل (٣ - ٤)

شكل (٣ - ٤) : الجراثيم الأسكية لبعض الفطريات الأسكية البحرية marine ascomycotina ، تم التقاطها بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) .

١، ٢ = خصل الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التى تشبه الشعر فى الجرثومة الأسكية للفطر *Nereiospora cristata* .

٣ = الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التى تشبه الملعقة فى الجرثومة الأسكية للفطر *Halosphaeria appendiculata*.

٤ = زوائد طرفية فقط متكونة من تبرعم الغلاف الخارجى للجرثومة الأسكية فى الفطر *Remispora stellata* .

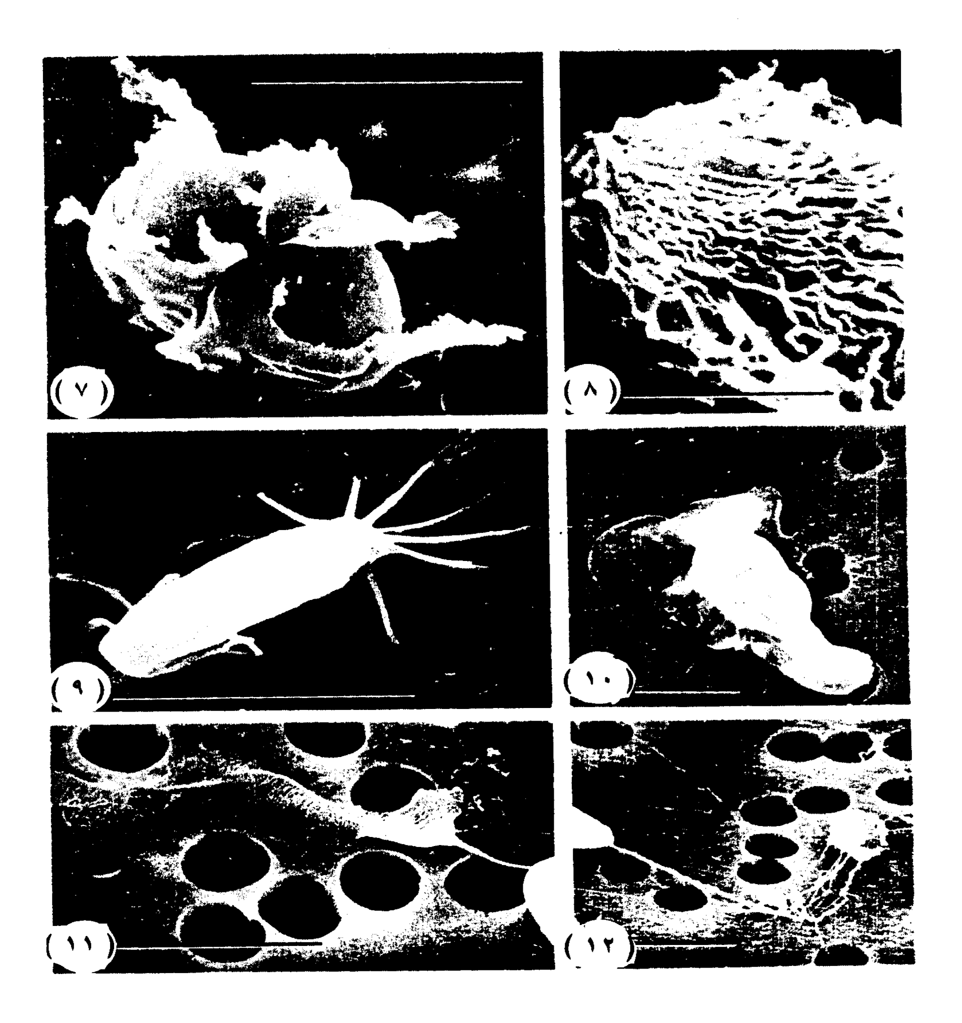
٥ = زوائد طرفية هيفية متجمعة فى شكل تاج على طرف واحد فقط من جرثومة أسكية للفطر *Keissleriella* sp. .

٦ = زوائد هيفية ملتفة حول نفسها وتؤدى وظيفة التصاق وتعلق الجرثومة الأسكية بالأجسام الطافية ، فى الفطر *Appendichordella amicta*

(طول الخط الأبيض فى الصور السابقة = ١٠ ميكرونات) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فهناك حوالى ٥٦ نوعا من الفطريات البحرية تم وصف أطوارها الكونيدية ، وصنفت فى طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycotina . ويتطفل بعض هذه الفطريات البحرية الهيفية على الطحالب البحرية أو الحشائش البحرية ، أو قد ينمو أفراد منها فى حالة تبادل منفعة مع بعض الطحالب البنية ، مثال ذلك الفطر *Mycosphaerella ascophylli* الذى يتعايش مع الطحالب البنية من الجنس *Pelvetia* والجنس *Ascophyllum* . وعلى أية حال ، فإن معظم الفطريات البحرية الهيفية تترمم على الطحالب والخشب الطافى على سطح الماء ، وعلى الحشائش المائية النامية على الشواطئ .

ولقد وجد - أيضا - فى البيئة البحرية بعض الأشنيات ، والتى ينمو فيها فطر أسكى فى حالة تبادل منفعة مع طحلب أخضر أو طحلب أخضر مزرق (سيانوباكتيريا)؛ مثال ذلك الأجناس : *Arthropyrenia* ، و *Verrucaria* ، و *Lichina* ، بينما تتعايش بعض الفطريات المائية مع الحيوانات المرجانية Corals (Kohlmeyer & Volkmann-Kohlmeyer, 1989) .



تابع شكل (٣ - ٤)

تابع شكل (٣ - ٤) : ٧ = زوائد هيفية طرفية ومحيطيـة علـى الجراثيـم الأسـكية للفطـر *Groenhiella bivestia* متكونة عـن طريـق تـبرعم الغـلاف الخارجي للجرثومة .

٨ = وزائـد هيفية متعلقة بالمنطقة المحيطية للجرثومة الأسـكية فـى الفطر *Appendichordella amicta* .

٩ = زوائد هيفية طرفية متجمعة فى شكل تاج فى جرثومة أسكية للفطر *Lanospora coronata* ، تكونت عن طريـق تـبرعم الغـلاف الخارجي للجرثومة .

١٠ = زوائد هيفية عريضة شريطية الشكل فى جرثومـة أسـكية للفطـر *Haligena elaterophora* ، تسـاعد علـى تعلـق الجرثومـة بالأجسام الطافية .

١١ = زوائد هيفية طرفية ملتفة بشـدة فـى جرثومـة أسـكية للفطـر *Halosarpheia retorquens* .

١٢ = زوائد هيفية غير ملتفة ، مكونة زوائد خيطية طرفية طويلـة فـى الجراثيم الأسكية للفطر السابق .

(طول الخط الأبيض فى الصورة السابقة = ١٠ ميكرونات)

١ - منشأ الفطريات البحرية :

ناقش كثير من الباحثين منشأ هذه الفطريات ؛ حيث لا يعتقد وجود منشأ واحد لجميع الفطريات البحرية ، فبعض الأفراد (مثل تلك التابعـة لرتبـة Thraustochytriales) تعتبر فطريات بحرية إجبارية ذات منشأ بحرى ، بينما هناك فطريات بحرية أخـرى ذات منشأ أرضـى مثـل : *Pythinm* ، و *Phytophthora* ، و *Leptosphaerea* ، و *Pleospora* . (Jones, 1988) .

ولقد اقترح (1986) Rohlmeyer أن الفطريات البحرية الأسكية قد تطورت مـن الطحالب الحمراء ، التى يمكن مقارنتها بالأفراد المعاصرة من رتبة Ceramiales ؛ من خلال فطر بائد يشابه الجنس *Sphathulospora* ، بينما أثبت (1979) Walker et al أن هذا الجنس ليس نوعا بدائيا ، ولكنه تام التطور ويتبع الرتبة Halosphaeriales .

ومن ناحية أخرى أوضحت الدراسات الفسيولوجية أن معظم الفطريـات البحريـة الراقية غازيات ثانوية للبيئة البحرية ، ولقد بدأ هذا الغزو من عصور قديمة ماضيـة ، وكان ناجحا فى بعض الفطريات التى تطورت تحت ظروف البيئة البحريـة ؛ لتكـون أجناسا جديدة متخصصة ومتأقلمة مع الحياة فى مياه البحار والمحيطات .

وبالنسبة إلى عدد الأجناس التى تتواجد فى مياه البحار كبيئةٍ طبيعيةٍ وموطنٍ أساسى لها يمكن أن يدعم نظرية المنشأ الحديث لهذه البيئة ؛ مثال ذلك الأجناس : *Antennospora* ، و *Cucullospora* ، و *Holosphaeriopsis* ، و *Lanospora* ، و *Manglicola* ، و *Ondinella* ، و *Orbimyces* ، و *Swampomyces* .

٣ – تأقلم الفطريات البحرية :

كم كان مثيرا لدهشة علماء الأحياء والمشتغلين بعلم الفطريات لأجيالٍ عديدةٍ قدرة نمو الفطريات البحرية على النمو فى هذه البيئة المائية العالية الملوحة (حوالى ٣,٥ ٪ ملح كلوريد الصوديوم) ذات الوسط القاعدى (8.4 - 7.5 pH) ، بل إن هذه الفطريات تستكمل مراحل نموها وتتكاثر لأجيالٍ عديدةٍ فى مياه البحار .

ولا ترجع ظروف البيئة البحرية إلى ارتفاع الملوحة فقط ، ولكن – أيضا – إلى أن أيونات الصوديوم والكلوريد نفسها سامة لعديدٍ من العمليات الحيوية التى تجرى داخل بروتوبلازم الفطر ، كما أن ارتفاع الضغط الأسموزى خارج الخلية يضر بالغشاء السيتوبلازمى ، هذا كله دعا علماء النبات إلى تشبيه هيفات الفطر النامية فى البيئة البحرية بالأسطورة اليونانية القديمة (Scylla-charybdis dilemma) ؛ وهو ما يقابل عندنا (بين نارين) .

ولكى تستطيع الهيفات الفطرية امتصاص الماء من مياه البحار التى حولها – والتى يقل فيها الضغط المائى نتيجة ارتفاع ملوحتها – فإنها تحتاج إلى وجود تركيز عالٍ للغاية من المواد الذائبة داخل الخلية للمحافظة على الضغط الاسموزى للبروتوبلازم ؛ وذلك لمجابهة ارتفاع الضغط الأسموزى خارجها ؛ مما يعمل على مقاومة بلزمة الخلايا .

ومعظم الأملاح الذائبة فى مياه البحر حول الفطر عبارة عن أيونات الصوديوم والكلوريد ؛ وهى سامة لبروتوبلازم خلايا الفطر ، فكيف استطاع الفطر التأقلم على مجابهة هذه المشكلة ؟ .

ولقد أجريت عديد من الأبحاث للإجابة عن هذا السؤال ، وفى بحث بعنوان " استراتيجية تَحمُّل الملوحة فى الفطريات البحرية " درس الباحثان Clipson & Hooley (1995) سلوك أحد فطريات الخميرة الأسكية *Debaryomyces hansenii* والفطر

الناقص *Dendryphiella salina* . ولقد وجد الباحثان أن هذه الفطريات تقوم بضبط ضغطها الاسموزى عن طريق التمثيل الغذائى لكميات من المركبات المعقدة ؛ مثل بعض السكريات الكحولية (المانيتول ، والجليسرول) .

وعند وجود تركيزات عالية من هذه المواد فى بروتوبلازم خلايا الفطر ، فإنها تعمل على خفض الضغط المائى داخل الخلايا ؛ بحيث يتدفق الماء من خارج الخلية إلى داخلها من خلال الغشاء السيتوبلازمى شبه المنفذ . وهذه السكريات الكحولية لا تسبب أى ضرر لحيوية الخلايا الفطرية حتى عند زيادة تركيزها ؛ ولذلك يطلق على هذه المواد اسم " الذائبات المتوافقة compatible solutes " .

وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض أيونات الصوديوم والكلوريد تجد طريقها إلى داخل بروتوبلازم خلايا الفطريات البحرية ، وهذا بدوره يرفع من الضغط الأسموزى لهذه الخلايا ، ويساعد على استمرار تدفق الماء من خارج الخلية إلى داخلها . ولقد وجد أن تركيز هذه الأيونات محدود ، ولا يصل إلى درجة تضر ببروتوبلازم الخلية (Clipson & Jennigs, 1992) .

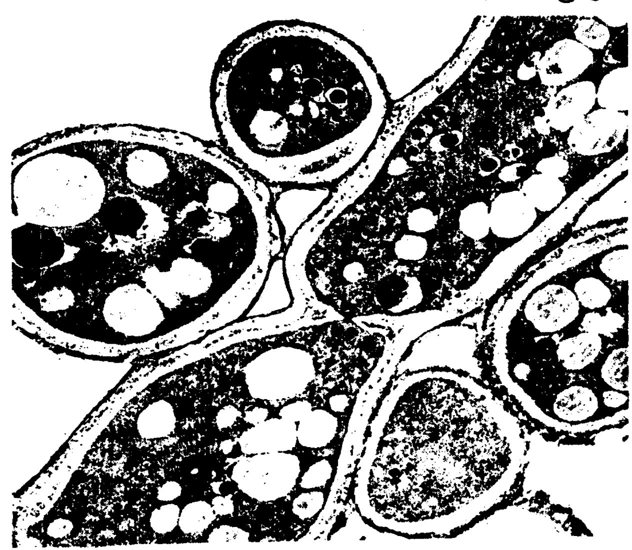
ومن الواضح أن هذا التركيز المحدود من أيونات الصوديوم والكلوريد يتم التحكم فيه عن طريق كفاءة الغشاء السيتوبلازمى ؛ حيث تمر هذه الأيونات – وغيرها – من خلال هذا الغشاء . ومازالت كيفية التحكم فى حركة هذه الأيونات عبر الغشاء السيتوبلازمى مجهولة حتى الآن (Clipson & Hooley, 1995).

وهناك نباتات بحرية أخرى عديدة الخلايا (كالطحالب ، والأعشاب البحرية) تواجه نفس المشكلة السابقة ، واستطاعت التغلب عليها بنفس الأسلوب السابق ، مع اتباع وسيلة لتنقية المياه المتدفقة إلى داخل الخلايا من الأملاح الذائبة . ولقد أوضحت صور الميكروسكوب الإليكترونى لخلايا بعض الفطريات البحرية (شكل ٣ – ٥) وجود جدار سميك ، وعدد كبير من الفقاعات العصيرية الصغيرة ، بينما يغلب على الخلية وجود السيتوبلازم .

وعلى العكس من ذلك كانت الفقاعات العصيرية تمثل حوالى ٧٠ ٪ من خلايا الطحالب البحرية والأعشاب البحرية ؛ وهذا يوفر لها ميزة جديدة ، حيث يتم تخزين الأملاح التى تدخل الخلايا فى هذه الفقاعات ؛ ومن ثم تنجو الخلية من أضرار ارتفاع نسبة هذه الأملاح فى بروتوبلازمها .

وعلى الرغم من ضالة حجم الفقاعات العصيرية فى خلايا الفطريات ، إلا أن تركيز أيونات الأملاح داخلها لم يكن مرتفعا ؛ وعلى ذلك فإن رفع اسموزية العصير الخلوى لخلايا الهيفات الفطرية يعتمد على السكريات الكحولية الذائبة أكثر من اعتماده على تركيز الأملاح الذائبة فى الفقاعات العصيرية .

وعلى أية حال ، مازالت الدراسات والبحوث تحاول فهم الكيفية التى استطاعت من خلالها الفطريات البحرية أقلمة نفسها على الحياة فى بيئة المياه المالحة ، وخاصة أن بعض الفطريات البحرية (مثل *Althornia crouchii*) تحتاج فى نموها إلى تركيز عال من ملح كلوريد الصوديوم ، ويقل النمو بانخفاض ملوحة الماء الذى تنمو فيه ؛ فمثلا يثبط نمو الفطر إذا انخفض تركيز كلوريد الصوديوم إلى أقل من ١,٥ ٪ ، بينما يلزم لتكوين وانطلاق الجراثيم الهدبية تركيز ١,٨ ٪ من الملح على الأقل ، وتعتبر نسبة الملوحة المناسبة للفطر هى النسبة المعتادة لملوحة ماء البحار والتى تقدر بحوالى ٣,٠ ٪ .



شكل (٣ - ٥) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى (TEM) لهيفا الفطر *Dendryphiella salina* نامية على بيئة تحتوى على ٢٥ ملليمول من ملح كلوريد الصوديوم .

٣ – التوزيع الجغرافي والموسمي للفطريات البحرية :

توجد الفطريات البحرية فى جميع بحار ومحيطات العالم ، وينحصر انتشار بعض الفطريات البحرية فى المناطق المعتدلة ، أو فى المناطق الاستوائية ، بينما تعتبر عديد من الفطريات البحرية عالمية الانتشار .

ولقد دُرس توزيع ونشاط الفطريات البحرية فى المناطق المعتدلة من العالم دراسة جيدةً ، إلا أن دراسة هذه الفطريات فى المناطق القطبية والاستوائية مازالت ضئيلة وتحتاج إلى مزيد من البحث .

ويتوقف توزيع هذه الفطريات على انتشار المواد العضوية المناسبة التى توفر مادة غذائية مناسبة لهذه الفطريات ؛ كالأخشاب وفروع الأشجار وأوراقها ؛ حيث تستقبل الأنهار التى تمر وسط مناطق الغابات والزراعات كمياتٍ كبيرةٍ من هذه المواد العضوية ، ثم تحملها إلى مصبات الأنهار ، التى تكون – غالبا – بحارا أو محيطاتٍ ، وهكذا تجد هذه المواد العضوية طريقها إلى البحار المفتوحة . وتتقاذف الأمواج هذه المواد العضوية لمسافاتٍ بعيدةٍ ؛ حيث تنمو عليها عديد من الفطريات البحرية .

وتنمو الفطريات البحرية – أيضا – على جذور الأشجار النامية على شوطئ البحار مثل أشجار المانجروف ، وكذلك على الطحالب والأعشاب البحرية ، وحيثما توجد هذه النباتات ، تتواجد حولها أو عليها الفطريات البحرية .

ولقد وضع Hughes (1974) نظاماً لتوزيع الفطريات البحرية المحللة للجنين إلى أربع مناطق حيوية Biogeographical regions ، تتوف على درجة حرارة سطح الماء ، وهذه المناطق هى :

١ – المنطقة الاستوائية Tropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ٢٠°م ، وتتميز هذه المنطقة بتكوين الشعب المرجانية بالقرب من سطح الماء .

٢ – المنطقة تحت الاستوائية Subtropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ١٧°م فى شهر أغسطس فى نصف الكرة الجنوبى ، وفى شهر فبراير فى نصف الكرة الشمالى .

٣ – المنطقة المعتدلة Temperate region : يتراوح فيها أقصى درجة حرارة لسطح الماء بين ١٧ م فى الشهور الباردة ، وأعلى من ١٠ م فى الشهور الدافئة .

٤ – المنطقة القطبية .(القطب الشمالى والجنوبى) Arctic and Antarctic region : والتى لا تزيد درجة الحرارة فى الشهور الدافئة على ١٠ م .

وتتميز كل منطقة من المناطق السابقة بانتشار أنواع محددة من الفطريات البحرية ؛ فمثلا ينتشر الفطر *Ceriosporopsis halima* فى المناطق الاستوائية ، بينما ينتشر الفطر *Halosphaeria hamata* فى المناطق المعتدلة .

ولقد درس Boyd & Kohlmeyer (1982) العلاقة بين درجات الحرارة والتوزيع الموسمى لثلاثة فطريات بحرية ناقصة ؛ حيث وجد أن الفطر *Asteromyces cruciatus* ينمو على رمال شاطئ البحر arenicolous ، والفطر *Sigmoidea marina* ينمو على الحشائش البحرية والنباتات البحرية اللازهرية ، وكلا الفطرين السابقين ينتشر فى المناطق المعتدلة . ووجد أيضا أن الفطر *Varicosporina ramulosa* ينمو على نفس النباتات السابقة ولكن فى المناطق تحت الاستوائية .
ويمكن الحصول على جراثيم الفطريات السابقة من الطبقة الرغوية (الريم) الطافية على سطح البحر ؛ وبذلك يمكن التعرف على معدل التوزيع الموسمى لهذه الفطريات .

ولقد وجد كثير من الباحثين ارتباطا بين تأثير درجات الحرارة وبين معدل النمو والقدرة على البقاء و مدى الانتشار لعديد من الفطريات البحرية . ففى الفطر البحرى *V. ramulosa* كانت درجة الحرارة الملائمة للنمو الطولى للهيفات الفطرية تتراوح بين ٣٠ م و ٤٠ م ، بينما زاد الوزن الجاف للفطر عند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠ م و ٣٠ م . واستطاع الفطر البقاء حيا حتى درجة حرارة ١٠ م ، ولكن دون أن يكون نموات ميسلومية جديدة ، وإنما تكونت كتل هيفية ملتصقة برمال الشاطئ ؛ حيث استطاع هذا التركيب تحمل انخفاض درجة الحرارة ، وأطلق عليه اسم " الثمار الحجرية sclerocarps" ، كما تتحمل هذه الثمار الحجرية درجات الحرارة العالية على رمال شاطئ البحر ، والتى تتراوح – عادة – بين ٤٥ م و ٧٠ م .

٤ – التوزيع الرأسى للفطريات البحرية :

يزداد وجود الفطريات البحرية بالقرب من سطح الماء ؛ حيث تجد ما تحتاج إليه من مواد عضوية تتغذى عليها ، إلا أن عينات المياه المأخوذة من أعماق سحيقة فى المحيطات أثبتت وجود بعض الفطريات بها .

ولقد أثبتت عديد من الأبحاث التى أجريت لدراسة التوزيع الرأسى للفطريات فى مياه البحار والمحيطات قدرة بعض الفطريات على تحمل الضغط العالى فى أعماق المحيطات ، والنمو فى درجات الحرارة المنخفضة وسط ظلام دامس .

فعلى سبيل المثال ، يمكن للفطر *Periconia abyssa* – التابع للفطريات الناقصة – أن ينمو فى أعماق سحيقة فى المحيط ، تصل إلى أكثر من خمسة الاف متر ، بينما هناك فطريات أخرى أمكن اكتشاف وجودها على أعماق أقل . ويوضح جدول (٣ – ١) بعض الفطريات التى أمكن اكتشافها فى عينات مياه المحيط الباسفيكى على أعماق مختلفة (Jones, 1988) .

جدول (٣ – ١) : التوزيع الرأسى لبعض الفطريات البحرية فى مياه المحيط .
(عن Jones. 1988) .

نوع الفطر	العمق بالمتر
Zalerion maritimum	٨٠ – ١٢٦
Corollospora maritima	٨٧ – ٢٨٠
Lulworthia purpurea	٨٠ – ٣٨٠
Halosarpheia unicaudata	١٣٠ – ٤٣٧
Abyssomyces hydrozoicus	٦٣١ – ٦٤١
Bathyacus vermisporus	١٦١٥ – ١٧٢٠
Allescheriella bathygena	١٧٢٠
Oceanitis scuticella	٣٩٧٥
Periconia abyssa	٥٩٧٥ – ٥٣١٥

٥ – العوامل المؤثرة على مراحل نمو الفطريات البحرية :

أ – إنبات الجراثيم :

معظم جراثيم الفطريات البحرية ليس لها فترة سكون ، ويمكنها الإنبات مباشرة بعد تكوينها ، وعلى الرغم من ذلك ، فلقد وجد أن مياه البحار تحتوى على بعض المواد المثبطة لإنبات جراثيم بعض الفطريات البحرية المحللة للجنين.

ولقد وجد Kirk (1980) أن كونيديات بعض الفطريات – مثل *Trichocladium achrasporum* ، و *Zalerion maritimum* – لا يثبط إنباتها فى مياه البحار ، بينما جراثيم الفطريات *Dendryphiella salina*، و *Halosphaeria mediostigera* يثبط إنباتها فى الماء العذب ، إلا أنه عند إضافة بعض العناصر الغذائية – مثل ٠,١ ٪ جلوكوز ، أو ٠,١ ٪ مستخلص خميرة ، أو ٠,١ ٪ فوسفات أمونيا – إلى الماء العذب تمكنت هذه الجراثيم من الإنبات .

ومن ناحيةٍ أخرى ، درس Byrne & Jones (1975 a) إنبات الجراثيم الأسكية للفطر *Corollospora maritima* و كونيديات الفطريات *Dendryphiella salina* و *Asteromyces cruciatus* و *Zalerium maritimum* فى عيناتٍ من مياه البحر تتراوح نسبة ملوحتها بين صفر و ٣,٥ ٪ ، وأظهرت النتائج تفاوتاً فى نسبة الإنبات تتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ ٪ .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد Meyers & Simms (1965) أن الجراثيم الأسكية للفطر *Linda thallassiae* لم يمكنها الإنبات فى الماء العذب .

ب – النمو الميسليومى :

تنمو عديد من الفطريات البحرية الراقية على مدى واسع من نسبة الملوحة ؛ فمثلاً ينمو ميسليوم الفطريات *Cremasteria cymatilis* و *Sporidesmium salinum* و *Lulworthia floridana* على مدى من تركيز مياه البحر من ١٠ ٪ إلى ١٠٠ ٪ (٠,٣٥ – ٣,٥ ٪ أملاح ذائبة) ، ويلاحظ أن الفطر *C. cymatilis* لا تؤثر فى نموه التغيرات فى نسبة الملوحة ، بينما يزداد نمو الفطرين السابقين كلما زادت نسبة الملوحة فى الماء .

وتستطيع الفطريات البحرية الأسكية المكونة لثمار دورقية مثل *Lulworthia floridana* و *Lindra thalassia* و *Halosphaeria mediosetigera* النمو على مدى واسع من تركيز ملوحة مياه البحر ؛ (Meyers & Simms, 1965) ، بينما يمكن للفطر البازيدى *Halocyphina villosa* النمو فى مدى ملوحة يتراوح بين ١ ٪ و ٢٠٠٪ من ماء البحر (Rohrmann & Molitoris, 1986) .

جـ - التجرثم :

يختلف تأثير التغير فى تركيز مستوى الملوحة على تكاثر الفطريات البحرية الراقية؛ فبعض الأنواع تستطيع التجرثم فى مستويات ملوحة تتراوح بين صفر (ماء مقطر) إلى ١٠٠ ٪ من ماء البحر ، بينما تفشل فطريات أخرى فى تكوين أية جراثيم ، أو قد تكون جراثيم غير ناضجة إذا انخفض تركيز الأملاح عن ٣,٥ ٪ ، وهو التركيز العادى لمياه البحار .

ولقد وجد Doguet (1964) أن الفطر البحرى البازيدى *Digitatispora marina* يمكنه التجرثم فى محلول مخفف من ماء البحر تتراوح نسبة الملوحة فيه بين ٠,٥ ٪ و ٢,٥ ٪ أملاحا ذائبة وذلك عند درجة حرارة من ١٥ م إلى ٢٠ م . ولعل هذا يفسر انتشار هذا الفطر البحرى البازيدى فى المناطق المعتدلة ، وأن جراثيمه تتكون - عادة - فى الشهور الباردة .

ولقد وجد - أيضا - أن الفطر البازيدى *Halocyphina villosa* يكون أجسامه الثمرية فى المعمل عند تركيزات من ماء البحر تتراوح بين ٢٥ ٪ - ١٠٠ ٪ ، وذلك على درجة حرارة من ٢٢ م إلى ٢٧ م ؛ وهذا يعكس تأثير بيئة هذا الفطر الطبيعية ؛ حيث ينمو على جذور أشجار المانجروف النامية على شواطئ البحر أو عند مصبات الأنهار

وكذلك الحال فى بعض الفطريات البحرية الناقصة (مثل *Varicosporina ramulosa* و *Orbimyces spectabilis*) ؛ حيث ينمو ميسليومها فى تركيزات مختلفة من مياه البحر تتراوح بين صفر إلى ١٠٠ ٪ ، كما لوحظ زيادة نمو هذه الفطريات مع زيادة الملوحة . وتتكون الكونيديات فى هذه الفطريات عند تركيز ٢٠ ٪ من مياه البحر على الأقل ، فإذا انخفض التركيز عن ذلك فشل الفطر فى التجرثم .

٦ – المواد والعوائل التى تنمو عليها الفطريات البحرية :

هناك مدى عريض من المواد المتاحة والمتوفرة فى مياه البحار تصلح لنمو الفطريات البحرية عليها ؛ فجميع المواد العضوية – مثل الحشائش البحرية ، وأوراق وريزومات ، وجذور النباتات البحرية اللازهرية ، وقطع الأخشاب ، وأوراق وفروع الأشجار ، وبتلات الأزهار وجذور وثمار الأشجار النامية على شواطئ البحار مثل أشجار المانجروف ، وأيضاً الحيوانات الميتة ومخلفاتها العضوية ، والحيوانات اللافقارية البحرية وغيرها – صالحة كغذاء للفطريات البحرية .

ولقد درس كثير من الباحثين الدور الذى تقوم به الفطريات البحرية فى تحليل المواد العضوية ذات الأصل النباتى والمحتوية على سيليلوز ولجنين ، بينما هناك نقص واضح فى الدراسات الخاصة بدور الفطريات البحرية فى تحليل الأنسجة الحيوانية والمواد الهيدروكربونية فى البيئة البحرية .

ولقد تم تسجيل أكثر من ١٥٠ نوعاً من الفطريات البحرية الراقية النامية على مواد نباتية مختلفة فى البيئة البحرية ؛ مثل الأخشاب الطافية أو المغمورة تحت سطح الماء أو المدفونة فى رمال الشاطئ ؛ حيث إن لكل بيئةٍ فطرياتها الخاصة بها ؛ فعلى سبيل المثال ينمو على الأخشاب المدفونة فى رمال شواطئ البحار ؛ بعض الفطريات الأسكية البحرية ؛ مثل *Carbosphaerella leptosphaerioides* ، و *Arenariomyces trifurcatus* ، و *Corollospora intermedia* ، و *Lulworthia lignoarenria* ، و *C. cinnamomea* ، و *C. maritima* ، و *Nereiospora comata* ؛ حيث تتكون عليها الأجسام الثمرية الأسكية .

وقد تتكون هذه الأجسام الثمرية – أيضاً – على رمال الشاطئ . وتتميز هذه الأجسام الثمرية بأن لها جداراً خارجيًا سميكاً يحميها من الجفاف ، كما يعمل ميسليوم هذه الفطريات على تثبيت الأجسام الثمرية على حبيبات رمال الشاطئ ، ويحميها من حركة الرياح و الأمواج .

وهناك معلومات وفيرة عن قدرة الفطريات البحرية على الاستفادة من المواد الليجنوسيليلوزية ؛ فأكثر من ٧٥ ٪ من هذه الفطريات لها القدرة على تحليل الأخشاب الطافية على سطح الماء والمغمورة فيه ، مسببة عفناً طريًّا لها (Mouzouras, 1986) ، فى حين أن بعض الفطريات البازيدية (مثل

Halocyphina villosa و *Nia vibrissa* و *Digitotispora marina*) لـــها القـــدرة على أن تسبب عفناً أبيض للأخشاب الطافية ؛ محللة السيليلوز واللجنين معاً .

وبعض الفطريات البحرية ذات كفاءةٍ محدودةٍ فى تحليل الســـيليلوز ؛ مثـــال ذلـــك الفطران : *Zalerion maritimum* ، و *Arenariomyces trifurcatus* ، بينما تعمـــل فطريات أخرى على اختراق الخشب مستفيدةً من المواد الغذائية سهلة التحلـــل ؛ مثـــل السكريات والنشا الموجودة فى الأشعة البارانشيمية ؛ ومـــــن أمثلـــة تلـــك الفطريـــات *Alternaria maritima* ، و *Dendrohyphiella salina* ، و *Berguenerula spartina* ، و *Leptosphaeria obiones* .

ويلاحظ أن بعض البكتيريا البحرية تشارك – أيضاً – فى تحليل المـــواد العضويـــة المعقدة فى مياه البحار ؛ حيث تتخلل الطبقات الخارجية من كتـــل الخشـــب الطافيـــة ، محللة المواد الليجنوسيليلوزية ، بينما تستطيع الفطريات اختراق هذه الأخشـــاب إلـــى مسافاتٍ أعمق عن طريق نمو الهيفات .

كذلك تحتوى كتل الأخشاب الطافية على مواد سهلة التحلل مثـــل الكربوهيـــدرات ، وهى أول ما يتم تحليله بواسطة الفطريات البحرية . بينما تظهر الفطريـــات المحللـــة للجنين فى مرحلةٍ متقدمةٍ من التحلل ؛ وهذا يجعلنا نتفهم سر تتابع ظـــهور الكائنـــات الحية الدقيقة على المواد العضوية أثناء تحللها فى مياه البحر.

وفيما يلى أهم المواد التى تنمو عليها الفطريات البحرية :

أ – الأخشاب الطافية :

تنجرف كميات كبيرة من الأخشاب إلى البحار عن طريق الأنهار ، أو عن طريـــق النشاط الإنسانى ؛ حيث تقطن عديد من الفطريات البحرية هـــذه الأخشـــاب الطافيـــة والدعائم الخشبية والأخشاب المغمورة . وقد لوحظ أن نمو هذه الفطريات على الخشب يؤدى إلى وجود فجواتٍ من الأنسجة المتحللة فى الطبقات الوسطى للخشـــب الثـــانوى للأوعية الخشبية ؛ وهذا يسبب – فى النهاية – عفناً طريًّا للكتل الخشبيـــة الطافيـــة أو المغمورة فى الماء .

ولقد اختبرت حوالى ١١٠ عزلات من الفطريات الأسكية البحرية ؛ لمعرفة قدرتـــها على تحليل الخشب وإحـــداث العفن الطـــرى ؛ حـــيث أثبتت النتائـــج أن ٨٠ عزلـــة

منها تسببت فى إحداث العفن ، كما سببت بعض هذه العزلات الفطريـــة إنقــاص وزن الخشب.

وعلى سبيل المثال استطاع الفطــر *Corollospora maritina* أن ينقص حوالـــى ٢٦ ٪ من وزن كتل خشب الزان المغمورة فى ماء البحر المضاف إليـــه ٠,١ ٪ مـــن مستخلص الخميرة عند درجة حرارة ٢٧°م فى خلال فترة تحضين قدرها ١٨ أسبوعاً .

ومن ناحية أخرى ، تسبب الفطر *Nia vibrissa* فى إحداث ثقوبٍ فى كتل خشـــب الزان المغمورة فى ماء البحر ؛ حيث يفرز هذا الفطر إنزيمات خارجيةٍ محللةٍ للسيليلوز ، تعمل على إنقاص سمك الجدر الخلوية للخشب مسببة عفناً أبيض .

ولقد درس عديد من الباحثين تتابع نمو الفطريات على كتل الخشب المغمـــورة فـــى مياه البحار ، إلا أن هناك عوامل هامة تلعب دوراً فى هذا التتـــابع ؛ مثـــل العوامـــل الجويـــة ، وتوزيع الفطريات البحرية . وتوضح بعض الدراسات الســـابقة أن معظـــم الفطريات البحرية تظهر بعد مرور حوالى ٢ - ٦ أسابيع من غمر كتل الخشـــب فـــى الماء ؛ حيث تستغل هذه الفطريات ذلك الوقت فى النمو الميسليومى .

ويلاحظ أن درجة الحرارة ونوع الخشب يلعبان دوراً فعالاً فى نمو الفطريات علـــى الكتل الخشبية السابقة ؛ فمثلاً يفضل الفطر *Halosphaeria appendiculata* خشـــب الزان ، بينما يفضـــل الفطـــر *Ceriosporopsis circumvestita* خشـــب الصنوبـــر الأسكتلاندى .

ويبدو أن هناك نوعاً من تتابع الفطريات على الكتل الخشبية الطافية أو المغمورة فى مياه البحار ، وقد يعكس هذا التتابع الوقت اللازم لتكوين الجراثيم والأجسام الثمرية لهذه الفطريـــات . ومن الفطـــريات التـــى تظهر مبكراً عن غيرها الأجناس *Humicola* ، و *Zalerion* ، و *Piricauda* .

كما تشترك كائنات حيـــة أخـــرى فى مهاجمة الكتل الخشبية الطافية علـــى ميـــاه البحار ، مثل البكتيـــريا ، والأكتينوميستات ، بالإضافـــة إلـــى عديـــدٍ مـــن الكائنـــات الحيوانية البحرية كالقشريات والرخويات .

وأيضاً يظهر هنا نوع اخر من تتابع ظهور الكائنات الحية المحللة للأخشـــاب فـــى البيئة البحرية ؛ فمثلاً تلعب الفطريات والبكتريا البحرية دوراً فـــى تجـــهيز الأخشـــاب

لزيادة قابليتها للإصابة بالحيوانات القشرية البحرية . وقد يفسر ذلك بأن النمو الفطرى والبكتيرى على هذه الأخشاب قد يعمل على توفير نسبةٍ من البروتين والفيتامينات والزيوت اللازمة لنمو وتكاثر هذه الحيوانات البحرية .

وتقسم الفطريات البحرية النامية على كتل الأخشاب الطافية أو المغمورة حسب تركيز الملوحة الموجودة فى مياه مصبات الأنهار والبحار ؛ ففى المياه القليلة الملوحة والتى تتراوح نسبة الملوحة فيها بين ٠,٥ و ٣,٠ ٪ تنمو بعض الفطريات البحرية الناقصة ؛ مثل *Piricaulda pelagica* و *Cirreralia macrocephala* على كتل الأخشاب الطافية ، ويطلق على هذه المجموعة من الفطريات اسم " Holeuryhaline species " .

وهناك مجموعة أخرى من أنواع الفطريات البحرية تسمى Euryhaline species لا تنمو على كتل الأخشاب الطافية فى الماء العذب أو قليل الملوحة ؛ مثال ذلك الفطر الناقص *Dictyosporium pelagicum* ، والفطريات الأسكية *Halosphaeria appendiculata* ، و *H. mediosetigera* ، و *Lignincola laevis* ، و *Remispora hamata* ، و *Ceriosporopsis calyptrata* و *R. maritima* .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تنمو فطريات بحرية أخرى على الأخشاب الطافية فى مياهٍ قليلةِ الملوحة ؛ يطلق عليها " Genuine brackich water species " ؛ مثل : الفطر الأسكى *Remispora pilleate* ، و الفطر الناقص *Humicola alopallonella* ، بالإضافة إلى أنواع الفطريات النامية على الأخشاب فى المياه العالية الملوحة ؛ والتى يطلق عليها اسم " Stenohaline species " ؛ وهى تشمل عديداً من الفطريات البحرية النموذجية ؛ مثل الفطر الأسكى *Corollospora maritima* ، والفطر الناقص *Zalerion maritimum* .

وتختلف أنواع الفطريات البحرية النامية على الدعائم الخشبية المغمورة فى الماء ؛ وذلك تبعاً لمستوى سطح البحر (مغمورة تماماً – ملامسة لسطح الماء – فوق مستوى سطح الماء) . ويلاحظ أن الجزء العلوى من الدعائم الخشبية يكون معرضاً لأشعة الشمس والرياح والأمطار ، وأيضاً إلى رذاذ أمواج البحر (الطرطشة) . وعلى مثل هذا الجزء من الدعائم الخشبية تظهر بعض الفطريات البحرية التى تأقلمت على هذه الظروف الجديدة؛ مثل : *Remispora maritima*، و *Dictyosporium pelagicum* ، و *Monodictys pelagica* . بينما تنمو على هذه الدعائم الخشبية المغمورة تحت سطح

الماء أنـــواع أخـــرى من الفطـــريات البحـــرية ؛ مثل : *Corollospora maritina* ، و *Zalerion maritimum* ، و *Lignincola laevis* .

ومن ناحيةٍ أخرى يختلف توزيع الفطريات البحرية على كتل الأخشـــاب والأوراق والفروع الطافية فوق سطح الماء ؛ فبعض الأنواع تنمو وتكون جراثيمها على الأجزاء العليـا المبللـة والمعرضـة للهواء ، وأيضـا على الأجـــزاء السـفلى المغمـورة والبعيـدة عـن الـهـواء ؛ مـثال ذلك الفطـريـات : *Halocyphina villosa* ، و *Lulworthia grandispora* . بينمـا تستوطـن الفطريـات *Humicola allopallonella* ، و *Tricladium* sp. سطوح الأوراق السفلية المغمورة فى المـاء ، وينمو الفطر *Aigialus* spp. على السطوح العليا المعرضة للهواء .

وعادة ما تتقاذف الأمواج كتل الأخشاب الطافية على سطح البحر ، وتلقيـها علـى رمال الشاطئ ؛ بما عليها من فطرياتٍ بحريةٍ ناميةٍ يمكن مشاهدتها – أحيانا – بـالعين المجردة . وتدفن هذه الأخشاب – كليًا أو جزئيًا – فى رمال الشـاطئ المبللـة بميـاه الأمـواج ؛ مما يعمل على استمرار نمو وتكوين الأجسام الثمرية للفطريـات البحريـة على كتل الأخشاب أو على حبيبات رمال الشاطئ الملاصقة لها .

كما تعمل الأجسام الطافية – مثل فروع وأوراق الأشجـار ، والمـواد العضويـة الأخرى ، والرغاوى (زبد الماء) – على اصطياد كمياتٍ كبيرةٍ من جراثيم الفطريات البحرية ؛ حيث تحملها الأمواج ، وتلقى بها على شاطئ البحـر ، ومـن أمثلـة هـذه الفطريات الأسكيـة : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* (شكل ٣ – ٥) .

ولقد حدد الباحث Koch (1974) ثلاث مناطق لشاطئ البحر الذى تلقى عليه الكتل الخشبية المبللة التى تنمو عليها الفطريات البحرية ؛ وهى :

١ – **حد الماء** : وهو المنطقة من الشاطئ الرملىالذى تصل إليه الأمواج.

٢ – **الحد الجاف** : وهو المنطقة الرملية الجافة البعيدة عن أمواج البحر .

٣ – **المنطقة الشاكنة** : وهى المنطقة الوسطية بين المنطقتين السابقتين ، وتتمـيز برطوبة الرمل..

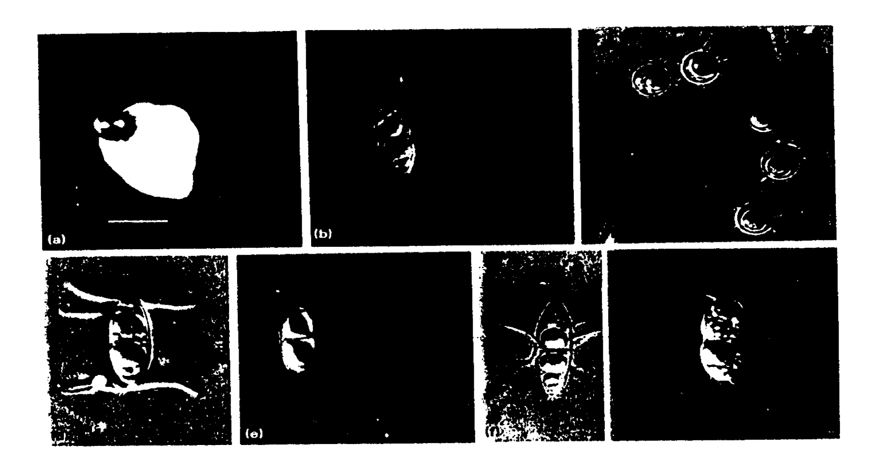
ويتوقف مصير الأخشاب التى يقذفها موج البحر على نوع المنطقة ، ففى المنطقـة

الأولى يتعرض الخشب للتاكل عن طريق تحلل المنطقة الخارجية ، بينما يتعرض الخشب في المنطقة الثانية للجفاف ، وفي المنطقة الثالثة يظل الخشب رطباً إلى حد ما ، وخاصة في السطح السفلى الذى تنمو عليه الهيفات الفطرية ، و يمتد نموها إلى حبيبات رمال الشاطئ حولها .

وغالباً ما تتكون أجسام ثمرية أسكية مقفولة ، وأحياناً دورقية على كتل الأخشاب الملقاة على شاطئ البحر في المنطقة الأولى ، وعلى الجزء السفلى من كتل الأخشاب في المنطقة الثالثة ، بينما لا تشاهد – عادةً – أجسام ثمرية على كتل الأخشاب في المنطقة الثانية بسبب جفاف سطحها ، بالإضافة إلى ارتفاع الحرارة الذى يعمل على تدهور النموات الميسليومية للفطريات البحرية التى كانت تنمو عليها ، مما يؤدى إلى عدم تكوين أجسام ثمريةٍ .

ومن أهم الفطريات الأسكية المكونة لأجسام ثمريةٍ دورقيةٍ ، التى تنمو على السطح السفلى لكتل الأخشاب الملقاة على شاطئ البحر في المنطقة الثالثة ، وأيضاً على حبيبات الرمال حولها ، الفطريات : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* ، و *Carbosphaerella leptosphaerioides* (شكل ٣ – ٦) .

وبالإضافة إلى الفطريات السابقة ، تنمو بعض الفطريات البحرية الناقصة على كتل الأخشاب الملقاة على رمال شاطئ البحر ، مكونة أجساماً حجرية تلتصق بحبيبات الرمال ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *Varicosporina ramulosa* . ولقد أطلق Kohlmeyer & Chales (1981) على كتل النموات الهيفية النامية خلال حبيبات الرمال ؛ مكونة فيها الأجسام الحجرية اسم " الثمرة الحجرية Sclerocarp " ولكن هذا التركيب السابق يختلف عن الأجسام الثمرية الأسكية ذات الفتحة perithecia والتى تكونها الفطريات البحرية التابعة للعائلة Halosphaeriaceae .



شكل (٣ - ٦) : بعض الفطريات الأسكية البحرية .

a = جسم ثمرى أسكى دورقى perithecium للفطر *Corollospora martima* متعلق بحبيبات رمال الشاطئ .

b = جرثومة أسكية لفطر *Corollospora martima* ذات زوائد هيفية طرفية ومحيطية .

c = جراثيم أسكية للفطر *Amylocarpus encephaloides* .

d = جرثومة أسكية للفطر *Halosphaeria quadriremis* .

e = جرثومة أسكية للفطر *Ceriosporopsis halima* .

f = جرثومة أسكية للفطر *Halosphaeria mediosetigera* .

g = جرثومة أسكية للفطر *Arenariomyces trifurcata* .





شكل (٣ – ٧) : a – الجراثيم الأسكية للفطر البحرى *Ceriosporopsis calyptrata* .
b – الجراثيم الأسكية ذات الشكل الخيطى فى الجنس *Lulworthia* .

ب : الطحالب والأعشاب البحرية :

لقد تم تسجيل حوالى ٥٠ فطرا أسكيًا و ١٥ فطرا ناقصا متطفلا أو مترمما على الأعشاب البحرية ، ولعل أهم هذه الفطريات *Mycosphaerella ascophylli* ، و *Spathulospora phycophila* . ولقد وصفت خمسة أنواع تابعة للجنس *Spathulospora* كلها متطفلة إجباريًّا على الطحالب الحمراء من الجنس *Ballia* فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ؛ مثال ذلك الفطر *S. phycophila* المتطفل على بعض أنواع الطحالب الحمراء ؛ مثل *B. callitricha* ، و *B. scoparia* .

وعند تطفل هذا الفطر على هذه الطحالب البحرية ، لا تتكون هيفات عادية داخل خلايا الطحلب ، ولكن يكوّن الفطر تركيباتٍ تشبه القشور ، أو تتكون خلايا سميكة

الجدر تحيط بالطحلب ، ثم تتكون فريعيات هيفية صغيرة دقيقة تخترق الجدار الخلوى للطحلب وتنمو داخله .

ويتطفل الفطر *Mycosphaerella ascophylli* على العوائل البحرية *Pelvetia canaliculata* ، و *Ascophyllum nodosum* ؛ حيث تحدث الإصابة فى مرحلةٍ مبكرةٍ بالفطر الممرض الذى ينمو جهازيًا فى أنسجة النبات على صورة شبكيةٍ من الهيفات الفطرية ؛ حيث ينمو حتى تصل هذه الهيفات إلى القمة النامية لكل فرع .

كما تنمو بعض الفطريات على الطحالب البحرية التى تتعلق ببعض النباتات والأعشاب البحرية ؛ حيث يكوّن الفطر والطحلب وحداته التكاثرية معاً ، كما يعتمد الفطر والطحلب كل منهما على الآخر فى النمو والتغذية ؛ مكوناً علاقة تبادل منفعةٍ تسمى " أشن Lichens " وعادة ما يتواجد الفطر والطحلب معاً ، ونادراً ما يتواجدان منفردين فى الطبيعة ؛ أى أن الفطر إجبارى الاعتماد على الطحلب ، وهكذا الحال فى الطحلب .

وهناك عديد من أجناس الأشن الساحلية الحقيقية المنتشرة فى الطبيعة ؛ مثل : *Lichina* ، و *Verrucaria* ، كما توجد أجناس أخرى من الأشن يكون التعايش بين الفطر والطحلب فيها أقل ارتباطاً ؛ مثال ذلك بعض أنواع الأشن تحت الساحلية ؛ مثل *Ectocarpus fasiciulatus* الذى ينمو سطحيًا على بعض النباتات المائية ؛ مثل *Pharcidia laminariicola* ، و *Laminaria* sp. . وفى مثل هذه الحالات فإن الهيفات الفطرية تكون منفصلة عن خلايا الطحلب ، ولا تتكون أنسجة جديدة مشتركة .

جـ – الحيوانات البحرية :

ليس من المألوف وجود فطرياتٍ متطفلةٍ على أسماك البحار ، حتى هذه الفطريات البحرية التى تتطفل على الأسماك المرباة فى بيئاتٍ بحريةٍ صناعية ، فإنها لم تجر عليها دراسات كافية ، وليس من المعروف مدى إصابتها للعشائر السمكية فى أعالى البحار والمحيطات .

ويعتبر الفطر *Ichthyophonus hoferi* ذو الهيفات غير المقسمة من الفطريات

الهامة التى تصيب أسماك السردين ، وكذلك الفطر *Clupea harengus* الذى ينتشـــر غربى المحيط الأطلنطى . ويلعب هذان الفطران دورا هاما فى تحديد حجـــم عشـــائر أسماك السردين فى هذه المنطقة .

وتصاب أسماك السردين بالفطر *I. hoferi* إصابة جهازية ؛ حيث تنمـــو هيفـــات الفطـــر فى أحـــشاء وعضـــلات الأســـماك على صورة حوصلات صغيرة بيضـــاء اللـــون ، وعنـــد اشتداد الإصابة تتحلل الأنسجة ؛ مما يـــؤدى إلـــى مـــوت الأســـماك المصابة .

وهناك عـــدد كبيـــر مـــن الفطـــريات البحـــرية التابعـــة للـــرتب Lagenidiales و Saprolegniales و Peronosporales تصيب بيض ويرقات الحيوانـــات البحريـــة اللافقارية . ومن أهم الأمراض التى تشاهد فى مثل هذه الحيوانـــات البحريـــة مـــرض صدف المحار Shell disease of oyster ؛ الذى يصيب نوع المحار *Ostrea edulis* ، والذى يسببه الفطر *Ostracoblabe implexa* ذو الهيفات غير المقسمة . ويعتبر هـــذا الفطر مستوطنا لمياه سواحل غرب أوروبا ؛ حيث يعمل على ثقب أصداف المحـــار ، ويحصل – من خلال ذلك – على احتياجاته الغذائية من المواد العضويـــة الداخليـــة ، وخاصة البروتين القرنى الذى يعتبر أحد مكونات الصدفة .

ويؤدى نمو الفطر *O. implexa* داخل الأصداف إلى الإضـــرار بالأنســـجة الحيـــة للحيوان ، ولكن عندما يصل الميسليوم الفطرى إلى السطح الداخلى للصدفة ، فإنه يعمل على تهيج الأنسجة الداخلية ؛ حيث يقوم الحيـــوان بإفراز مزيد من هذا البروتين القرنى حول منطقة التهيج . ويعتـــبر هـــذا البروتيـــن القـــرنى المتـــرسب غـــذاء مناســـبا للفطر الممـــرض ؛ مما يزيد من سرعة نموه ومهاجمته للأنسجة الداخليـــة للمحـــار . وقـــد تؤدى الإصابة الشديدة إلى تشوه شكل الأصداف المصابـــة ومـــوت الحيـــوان الداخلى .

كما تتطفـــل بعض الخمائـــر البحـــرية ؛ مـــثل : *Metschnikowia bicuspidata var. australis* على جمبرى المياه المالحة *Artemia salina* ؛ حيث يعمل هذا الفطر على القضاء على عشيرة هذا الحيوان القشرى . ويكون الفطر الممرض أكياسا أســـكية يحتوى كل منها على جرثومتين أسكيتين طويلتين ذواتى أطراف مدببة تشبـــه الإبـــر ، تقذف بقوة من جسم العائل منطلقة فى مياه البحر .

رابعا ـ فطريات الماء العذب Fresh water fungi :

معظم هذه الفطريات تقضى جميع أطوار حياتها فى الماء ؛ حيث إنها تتبع تحت قسم الماستيجومايكوتات Sub-division : Mastigomycotina ، التى تكون أطوارا متحركة من جراثيم هدبية سابحة zoospores كوحدات أساسية للانتشار فى البيئة المائية .

ويندرج تحت فطريات الماء العذب بعض الفطريات الأسكية التى تتبع مجموعات Loculoascomycetes ، Pyrenomycetes ، Discomycetes ، بينما لم تشاهد فطريات مائية بازيدية ، اللهم إلا بعض أطوارها الكونيدية التى تتبع الفطريات الناقصة .

ولقد اهتمت معظم الدراسات التى أجريت على فطريات الماء العذب بدراسة فطريات العفن المائية المكونة للجراثيم السابحة من رتبة السابرولجنيات Saprolegniales ، والتى يمكن عزلها من معظم المياه العذبة فى العالم ؛ مثل : الأنهار، وبحيرات المياه العذبة ، ومصبات الأنهار والبرك ، والمستنقعات ، والجداول ، كما توجد هذه الفطريات فى التربة الرطبة ، وعلى الحيوانات الميتة والمخلفات النباتية والثمار والبذور ، وأحيانا على الحشرات الميتة .

ومن النادر نمو هذه الفطريات السابرولجنية فى بيئتها بصورة سائدة ، حيث يتم عزلها – عادة – باستخدام المصائد الغذائية ؛ وذلك باستعمال مادة غذائية تشجع نموها ؛ مثل حبوب النجيليات ، أو بذور الصليبيات ، أو بيض النمل .

وتتوزع فطريات العفن المائية فى مناطق مختلفة من العالم ، ولكن ليس من المعروف – على وجه الدقة – الدور الذى تلعبه مثل هذه الفطريات فى مواطنها المائية . وإلى الآن لم تبذل أية محاولات لمعرفة حجم العشائر الفطرية فى أى نظام مائى حيوى (Hudson, 1986) .

وعادة ما تستخدم طرق كمية لتقدير نشاط الفطريات المائية فى مواطنها الأصلية ، مثال ذلك ما ابتكره (1962) Willoughby لتحديد عدد الوحدات الحية للفطريات المائية ؛ حيث يدل هذا العدد على النشاط النسبى لهذه الفطريات .

ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أهمية عد هذه الفطريات فى بيئتها الطبيعية ؛ حيث

إن أى تغير فى هذه البيئة يعطى نتائج مضللة ، كما أن حجم الجراثيم المتحركة فى بعض الفطريات المائية يكون صغيرا لدرجة تصعب معها رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى العادى ، وقد يتم عدُّ جراثيم هدبيةٍ وجراثيم ساكنة لفطريات مختلفةٍ متشابهةٍ ، يصعب – على غير المتخصص – تمييزها من بعضها ؛ مما يعطى فى النهاية نتائج غير واقعيةٍ .

ولقد درس Willoughby (1962) توزيع الفطريات التابعة لرتبة السابرولجنيات فى مياه البحيرات ؛ وذلك عن طريق جمع عيناتٍ من المياه بالقرب من السطح ، ثم خلطها مع بيئة أجار الشوفان ، وصبها فى أطباق بترى معقمةٍ . وبعد فترةٍ من التحضين ظهر الميسليوم غير المقسم الذى يميز هذه الفطريات ؛ حيث تم التعرف على هذه الفطريات عن طريق فحص جراثيمها الهدبية (شكل ٣ – ١١) .

ويتم عد المستعمرات الفطرية على بيئة أجار الشوفان ، وينسب هذا العدد – الذى يمثل عدد الوحدات الحية من الفطر – إلى حجم عينة الماء التى تم الحصول عليها من البحيرة . وتحتاج هذه الطريقة إلى وقتٍ طويل نسبيًا ، بالمقارنة بطريقة المصايد الغذائية السابق الإشارة إليها .

ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن عدد الوحدات الفطرية الحية على سطح ماء البحيرة يتفاوت بدرجةٍ كبيرةٍ ؛ فعلى حواف البحيرة يتراوح عدد الوحدات الحية بين ٢٥ و ٥٢٠٠ وحدةٍ لكل ديسمتر مكعب ، بينما كان العدد فى وسط البحيرة أقل من ١٠٠ وحدة لكل ديسمتر مكعبٍ . كما انخفض عدد الوحدات الفطرية فى الربيع عنه فى الصيف والخريف .

وتوضح النتائج السابقة أن عدد الوحدات الحية للفطريات المائية يقل فى مركز البحيرة بالمقارنة بحوافها ، لذلك يطلق على مركز البحيرة فى هذه الحالة اسم " الصحراء الفطرية fungal desert " ، وهذا يتشابه مع البحار المفتوحة . ولعل ذلك يرجع إلى أن المواد العضوية – التى تعتمد عليها مثل هذه الفطريات فى غذائها – تتوفر على حواف البحيرة بالقرب من الشواطئ ؛ حيث تتقاذفها الأمواج من مركز البحيرة إلى حوافها ؛ مما يؤدى فى النهاية إلى زيادة أعداد الفطريات المائية على حواف البحيرة وندرتها فى مركزها .

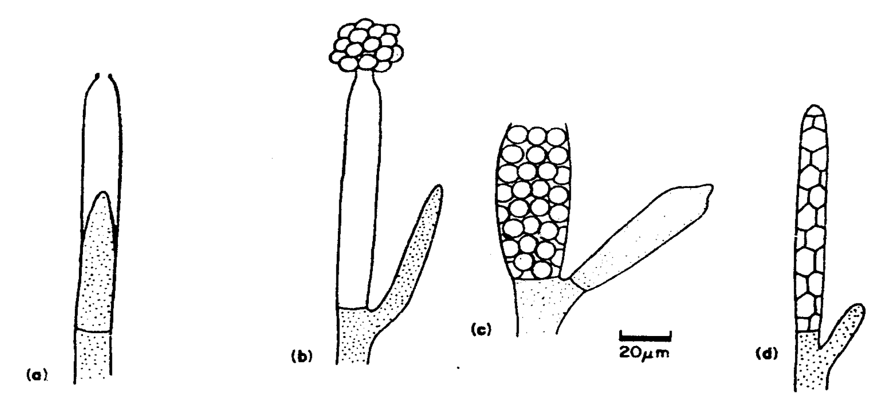
ولقد وجد أن بعض الجراثيم الهدبية والساكنة للجنس *Saprolegnia* من أكثر

الوحدات الفطرية شيوعا فى مياه البحيرات ، تتبعـــها الوحـــدات الفطريـــة للأجنـــاس *Achlya* و *Aphanomyces* ، بينمـــا تقـــل أعـــداد الوحـــدات الفطريـــة للأجنـــاس *Leptolegnia* و *Dictyuchus* . وتتميز بعض هذه الأجناس بالنمو فى بعض البيئـــات وعلى بعض المواد المتخصصة ؛ مثل التقاوى ، وجلد انسلاخ الحشـــرات وأجســـامها الميتة ، والتى قد تشاهد طافية على سطح مياه البحيرات .

ومن أهم الفطريات المائية التى تنمو على جلد انسلاخ الحشرات الصغيرة فى ميـــاه البحيرات *Saprolegnia diclina* و *Aphanomyces laevis* ؛ حيث وجـــدت أعـــداد كبيرة من الجنس *Saprolgnia* علـــى جلـــد انســـلاخ الحشـــرات هدبيـــة الأجنحـــة Trichopetera ، بينما وجدت أعداد من الجنس *Achlya* وأعـــداد أقـــل مـــن الجنـــس *Leptolegnia* على جلد الحشرات متباينة الأجنحة Anisopetera ، وأيضـــا وجـــدت أعدادٌ كبيرة من الفطريات *S. diclina* و *A. laevis* على جلد انسلاخ ذبابة الكرونوميد Chironomid fly .

ويُهاجم جـــلد انسلاخ الحشرات الموجـــودة فى المـــاء الضحـــل - عادةً - بعديـــدٍ من الفطـــريـــات المائية خلال ٢٤ ساعة من انفصاله عن الحشرة ، بعكس الحال فـــى جلد الانســـلاخ الذى يستعمل فى المصـــائد الغذائيـــة ، والذى يُدْفَن - عـــادةً - فـــى التربة على عمق ٤,٥ سنتيمتر ، فإنه قليلاً ما تهاجمـــه الفطـــريات الســـابرولجينية ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن جلد انسلاخ الحشرات الذى يطفُو علـــى ســـطح ميـــاه البحيرة يكون معرضاً للماء والهواء فى نفس الوقت ، وأيضاً يكون معرضـــاً لـــهجوم الجراثيم الهدبية السابحة على سطح الماء ؛ حيث إنها تحتاج إلى مســـتوى عـــالٍ مـــن الأكسوجين ، وتقل أعداد هذه الجراثيم الهدبية كلما تعمقنا عن ســـطح ميـــاه البحـــيرة سنتيمتراتٍ قليلة .

وعند دراسة توزيع هذه الفطريات المائية على شواطئ البحيرات ، وُجِـــدَتْ نســـبة عالية منها فى الطين المكون لشاطئ البحيرة ؛ وهـــذا ينطبـــق عـــلى تـــوزيع الفطريـــات البحريـــة على ســـواحل البحار والمحيطات ، ولكـــن نلاحـــظ انخفاضـــاً معنويًا ومفاجئًا فى أعداد هذه الفطـــريات المائيـــة إذا ابتعـــدنا مـــتراً واحـــداً عـــن الشاطئ . والسبب فى ذلك يرجع إلى احتواء الطين المكون لشـــاطئ البحيرات علـــى قليل من الماء الراكـــد ، الذى يحتفظ بملايين من الجراثيـــم الهدبيـــة الحيـــة لـــهذه الفطريات المائية .



شكل (٣ - ٨) : تحرر الجراثيم الهدبية في رتبة فطريات السابرولجنيات Saprolegniales .

a = الجنس *Saprolegnia* بعد تحرر الجراثيم الهدبية الأولية، يتكون كيس أسبورانجى ثان من خلال الكيس الأول الفارغ .

b = الجنس *Achlya* : جراثيم هدبية أولية تتراكم عند فوهة الكيس الإسبورانجى ، بينما يتكون كيس أسبورانجى جديد جانبيا .

c = الجنس *Thraustotheca* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجى ؛ حيث يتم تحرير الجراثيم الهدبية عن طريق تحلل جدار الكيس .

d = الجنس *Dictyuchus* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجى ؛ حيث تتحرر منها جراثيم هدبية ثانوية . ويلاحظ تكوين كيس أسبورانجى جديد جانبيا .

وتختلف أجناس وأنواع الفطريات المائية فى قدرة احتفاظ جراثيمها الهدبية بحيويتها فى هذا الطين الرطب المكون لشواطئ البحيرات . فعلى سبيل المثال يلاحظ أن المناطق التى ترتفع عن مستوى ماء البحيرة – وهى مناطق أرضية جافة عادة – تتميز بوجود كائنات حية دقيقة مختلفة ؛ منها بعض الفطريات المائية ؛ مثل : *S. terestris* ، و *Saprolegnia litorales* ، و *Achlya sparrowii*، و *Scoliolegnia asterophora* ، بينما تتميز المناطق الساحلية الرطبة من حافة البحيرة بوجود أنواع مختلفة من الجنسين *Achlya* و *Saprolegnia* .

وحيث إن هذه المنطقة من البحيرة يعيش فيها عديد من النباتات والحيوانات البحرية الصغيرة ، فإن الفطريات تتغذى فيها على المخلفات العضوية الناتجة من هذه الكائنات الحية ، وتوفر لها – في الوقت نفسه – مواد أخرى صالحة لتغذيتها . إنه توازن غذائي دائم ومستمر .

١ – الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes :

توجد هذه الفطريات على حواف البحيرات ذات الماء العذب أو المالح ، وخاصة فى المناطق الضحلة ، وأيضاً فى بعض الأماكن التى يكون فيها الماء راكداً . ولقد وجد حوالى ٣٦ نوعاً من الفطريات الكيتريدية ؛ من أهمها الفطر *Phlyctorhiza variabilis* الذى ينمو فى الماء الضحل ، والفطر *Rhizophlyctis rosea* الذى يعتبر من الفطريات الكيتريدية الأرضية . وهذا يوضح أن الفطريات الكيتريدية – شأنها فى ذلك شأن الفطريات السابرولجينية – ليست كلها فطرياتٍ مائية ، ولكن يوجد بينها أفراد أرضية المنشأ .

وتوجد عديد من الفطريات الكيتريدية فى التربة ؛ فإذا أخذ حوالى ثلاثة جرامات من التربة فى طبق بترى يحتوى على بيئةٍ مغذيةٍ ، وغمر سطحها بماءٍ معقم ، فإنه بعد ٢ – ٣ أيام من التحضين على حرارة ٢٠°م تظهر عديد من هذه الفطريات .

ومن أهم هذه الفطريات ، الفطر *R. rosea* ذو القدرة الكبيرة على تحليل السيليلوز ؛ لذلك تضاف – عادةً – قطع من شرائح السيلوفان فى البيئة الغذائية إلى هذا الفطر كمصدر للكربون ؛ وذلك بعد غليانها فى الماء فترة تكفى لإزالة مادة plasticizer التى تضاف فى صناعة السيلوفان لزيادة ليونته .

ونظراً للتركيب البسيط لهذه الفطريات ، فإن تمييزها عن غيرها من الفطريات البدائية الأخرى يكون صعباً ؛ وهذا بدوره يصعب من دراستها فى بيئتها الطبيعية . و تلعب الفطريات الكيتريدية دوراً كبيراً فى البيئة من حولها ؛ حيث إن بعض أفرادها يتطفل على الطحالب الصغيرة العالقة على سطح الماء ؛ مثل الدياتومات diatoms ، والطحالب النهرية الدقيقة desmids ، والطحالب الخضراء الخيطية .

وحيث إن هذه الطحالب تعد بمثابة حلقة فى السلسلة الغذائية للحيوانات المائية ، فإن مهاجمتها بهذه الفطريات يجعلها ضارة للإنسان بطريقة غير مباشرة . كما تلعب هذه

الفطريات دورا بيئيًا هاما فى تحليل بقايا الطحالب والنباتات والحيوانات البحرية الأخرى .

ويمكن دراسة هذه الفطريات دراسة مباشرةً فى بيئتها الطبيعية التى تنمو فيها باستعمال المكيروسكوب الضوئى العادى ، وكذلك يمكن دراستها بطريقة المصايد الغذائية باستعمال مواد مختلفةٍ ؛ مثل : حبوب اللقاح ، وسيليلوز أوراق السيلوفان ، وجلد انسلاخ الثعابين ، وأجنحة الحشرات المحتوية على الكيتين ، والشعر المحتوى على الكرياتين .

وتضم الفطريات الكيتريدية بعض الفطريات المتطفلة داخليًا endoparasitic chytrids ؛ حيث أثبتت أولى الدراسات التى أجريت على مثل هذه الفطريات تطفلها على الدياتوم *Asterionella formosa* ؛ الذى يكوّن مستعمراتٍ تتجمع فيما بينها ؛ مكونة شكلاً شعاعيًا يشبه دعامات عجلة الدراجة (شكل ٣ – ٩) .

ويتطفل عديد من أنواع الفطريات الكيتريدية على هذا الدياتوم ؛ مثل فطريات : *Zygorrhizidum affluens* ، و *Rhizophydium planktonicum* ، و *Z. planktonicum* ، والتى تتشابه فيما بينها فى شكلها الخارجى .

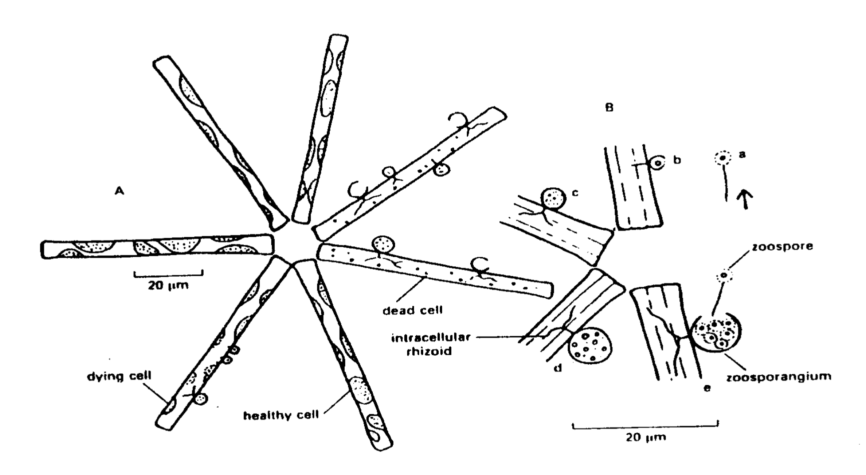
وتتطفل هذه الفطريات داخليًا ؛ حيث يتم ذلك بتكوين جراثيم وحيدة السوط الخلفى تتحرر من الحافظة الجرثومية zoosporangium ، حيث تسبح كل جرثومة بعد تحررها لفترة ما ، ثم تتحوصلل خارج خلية العائل (الدياتوم) ، بعد أن تسحب سوطها الوحيد أو تفقده .

وبعد فترة سكون قصيرة ، تنبت الجرثومة حيث يتكون منها أشباه جذور شبه خيطيةٍ تهاجم مستعمرة الدياتوم الشعاعية الشكل . وبعد حوالى ٢ – ٣ أيام من العدوى تنضج الأكياس الأسبورانجية sporangia وتنفصل منها جراثيم وحيدة السوط الخلفى . وتعمل زيادة شدة الضوء على زيادة العدوى ، وقد يرجع ذلك إلى حث الجراثيم وحيدة السوط الخلفى على الحركة ، وربما تجعل العائل أكثر قابلية للعدوى (Canter & Jaworski, 1980 , 1981) .

كما تعمل إصابة مستعمرة الدياتوم من الجنس *Asterionella* بواسطة الفطر *R. planktonicum* إلى اختزال عدد الخلايا فى المستعمرة ؛ ويرجع هذا التأثير – غالبا – إلى عدم قدرة خلايا الدياتوم المصابة على الانقسام بطريقةٍ عاديةٍ . وقد

يؤدى الانتشار الوبائى للفطر الممرض إلى نقص تركيز الدياتوم فى الطبقة السطحية من مياه البحيرة بعمق حوالى ٥ سنتيمترات .

وتترمم بعض الفطريات الكيتريدية على عديد من المواد العضوية الطبيعية ؛ مثل حبوب لقاح أشجار الصنوبر ؛ حيث يطلق عليها اسم " الكيتريديات المترممة saprophytic chytrids " وعند نثر بعض حبوب اللقاح على سطح مياه البحيرة ، فإن بعض هذه الفطريات تنمو عليها .



شكل (٣ - ٩) : الفطر *Rhizophydium planktonicum* المتطفل على الدياتومات . (عن Canter & Lund, 1948)

A = مستعمرة سليمة للدياتوم من الجنس *Asterionella* - متكونة من سبعة دياتومات - مكونة الشكل الشعاعى النموذجى ، حيث تظهر أربعة منهم حية ، وواحدة مصابة بالفطر الممرض ، واثنين فى مرحلة متقدمة من الإصابة .

B = مستعمرة من الدياتوم السابق مصابة بالفطر الممرض ، وتظهر على أذرع المستعمرة الأكياس الإسبورانجية للفطر الممرض موضحة دورة الحياة اللاجنسية .

ويمكن أخذ عينة من هذه المياه فى المعمل وتخفيفها باستعمال ماء معقم ، مع إضافة حبوب لقاح الصنوبر المعقمة ؛ حيث يمكن – من خلال ذلك – التقدير الكمى لتركـــيز الجراثيم الهدبية للفطريات الكتيريدية فى عينة ماء البحيرة . وتتشابه هذه الطريقة مـــع طريقة العدد الأكثر احتمالا (Most Probable Number (MPN المستعملة فى عـــد خلايا البكتيريا .

٣ – الفطريات المائية البيضية Aquatic Oomycetes :

لا تنسب هذه الفطريات إلى الفطريات الحقيقية (true fungi (Eumycota التـــى ينسب إليها الفطريات الزيجية والأسكية والبازيدية ؛ حيث تتكـــاثر لاجنســيًّا بتكويـــن جراثيم هدبية ذات هدبين مختلفين فى الطول والشـــكل ، أحدهمـــا بــهرجانى tinsel أمامى ، والثانى كرباجى whiplash خلفى . وتوضع هذه الفطريات – عـــادةً – فـــى مملكةٍ خاصةٍ تسمى " Kingdom : Heterokonta " مع غيرها من الكائنات المشابهـــة لها (Dick, 1989) .

ومن أهم الرتب التابعة لهذه الفطريات ما يلى :

أ – رتبة لبتوميتالات *Leptomitales* :

ويتبعها أكثر من عشرين نوعا من الفطريات المائية المترممة ذات الميسليوم غـــير المقسم ، التى تتكاثر لاجنسيا بتكوين حوافظ جرثومية ، تتحرر منها جراثيـــم ســـابحة ثنائية الأسواط . ويتم التكاثـــر الجنسى بواسطة تلامس الحوافظ الجاميطيـــة ؛ حيـــث يحتوى كل عضو تأنيث (أوجونة ogonium) على بيضة واحدة محاطة بطبقة سميكة من البرتوبلازم المحيطى periplasm .

وتنمو معظم أفراد هذه الرتبة على المخلفات العضوية النباتية فى البيئة المائية ؛ مثل أوراق وأفرع الأشجار والثمار ، وتختلف احتياجاتها البيئية حسب أجناسها . فعلى سبيل المثال تنمو الأجناس *Apodachlya* و *Sapromyces* فى الماء العذب الجيـــد التهويـــة المحتوى على نسبة كافية من الأكسوجين ، بينمـــا يعتـــبر الجنـــس *Aqualinderella* لاهوائى إجباريا ؛ حيث ينمو جيدا فى الماء المحتوى على نسبة عالية من ثانى أكسيد الكربون ؛ لذلك يوجد على الثمار المغمورة فى ماء أنهار المناطق الاســـتوائية وتحـــت

الاستوائية . ويثبط وجود الأكسوجين نمو هذا الفطر ، بينما يشجع نموه زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى نسبة تتراوح بين ٥ ٪ و ٢٠ ٪ .

وينتشر الفطر *Leptomitus lacteus* فى مياه الأنهار الملوثة بمخلفات الصرف الصحى ذات رقم الحموضة المنخفض ؛ لذلك يطلق عليه اسم " Sewage fungus " . وهناك فطريات أخرى تلائمها مثل هذه البيئة ؛ مثل الفطر *Fusarium aqueductum* ، والفطر *Geotrichum candidum* ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من البكتيريا والطحالب .

ولقد أمكن عزل الفطر *L. lacteus* من الأنهار ذات المياه العذبة غير الملوثة ، ومن حواف البحيرات ، كما وجد هذا الفطر متطفلا خارجيا على بعض أسماك الماء العذب.

وعند دراسة الاحتياجات الغذائية لهذا الفطر فى المعمل ، وجد أنه لا يستطيع الاستفادة من السكريات البسيطة – مثل السكروز – كمصدر كربونى ، ولكنه يستطيع النمو على الأحماض العضوية والدهنية التى تتوفر فى مياه الصرف الصحى ، بينما لا يمكنه الاستفادة من المصادر النتروجينية غير العضوية . وهو فطر هوائى محب للأكسوجين ، ولكنه يستطيع تحمل غيابه لفترة محدودة .

ب – رتبة سابرولجينات *Saprolegniales* :

تعد هذه الرتبة من أكثر الرتب التى ينتشر أفرادها فى الماء العذب ؛ حيث يطلق عليها – عادة – مجموعة فطريات العفن المائية water moulds . وتنتشر هذه الفطريات فى جميع المسطحات المائية فى العالم ؛ حيث تنمو على المخلفات النباتية والحيوانية فى الماء العذب ، كما تنمو على الطين ، وتوجد كذلك فى التربة .

وتستطيع بعض أنواع الفطريات التابعة لهذه الرتبة إحتمال نسبة معينة من ملوحة المياه لا تزيد عن ٢,٨٪ ، خاصة عند مصبات الأنهار . وتتميز هذه الفطريات بتكوين غزل فطرى يتكون من هيفات غير مقسمة غزيرة التفرع . تتفاوت أقطارها إلى حد كبير .

وتنتج هذه الفطريات أكياسا تحتوى على جراثيم سابحة zoosporagia تتكون طرفيا وتأخذ – عادة – الشكل الأسطوانى ، ويكون قطرها أكبر قليلا من قطر الهيفا الفطرية

المنتجة لها . وتمتلىء الحوافظ الجرثومية ببروتوبلازم محبب مما يعطيها لونا رماديـــا عند فحصها ميكروسكوبيا .

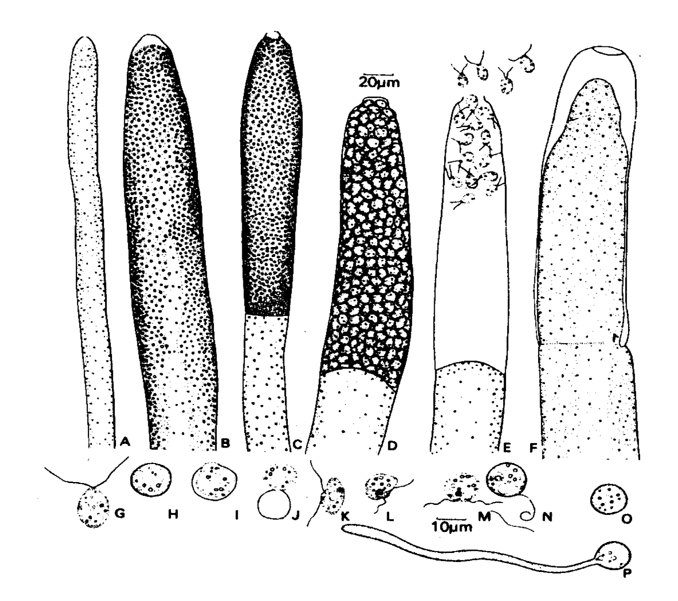
وتختلف طريقة تكوين تلك الحوافظ الجرثومية فى هـــذه الفطـــريـــــات ، فـــفى الفطر *Saprolegnia* (شكل ٣ - ١٠) تتكون الحافظة الجديدة من الحاجز القـــاعدى للحـــافـــظة الجرثوميـــة الســـابقة والتى أفـــرغت محتوياتها من الجراثيـــم الهدبيـــة ، حـــيث تعرف الحافظـــة الجديدة - حينئـــذ - باســـم الحافظـــة الجرثوميـــة الثانويـــة secondary zoosporangium .

ويوجد طرازان من الجراثيم السابحة فى عائلة الســـابرولجينيات ، الأول جراثيـــم سابحة أولية primary zoospores - وهو أول الأطوار المتحركة - ذات شكل كمثرى وتحمل سوطين عند قمتها ، والثانى جراثيم سابحة ثانويـــة secondary zoospores - ثانى الأطوار المتحركة - ذات شكل كلوى وتحمل سوطين متضـــادى الإتجـــاه عنـــد الجانب المقعر منها (شكل ٣ - ١١) .

وبعض هذه الفطريات متطفل على النباتات وعلى الأسماك والحيوانـــات القشريـــة وغيرها من الأحياء المائية ؛ فمثلا يتطفل الفطر *Aphanomyces astaci* على جـــراد البحر (*Astacus astacus*) cray fish مسببا موتا كاملا لعشائره ، ولقد ســـبب هـــذا الفطر خسائر فادحة لهذه الحيوان القشرى فى السويد .

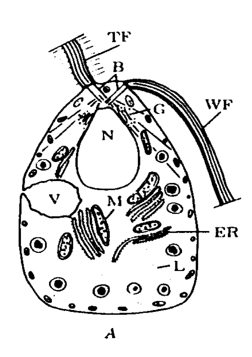
ويظهر هذا الفطر المتطفل *A. astaci* تأقلما واضحا مع عائلة الحيوان القشـــرى ؛ حيث يفرز كمية كبيرة من الإنزيم المحلل للكيتين chititinase اللازم لإحداث العدوى . وعند اختبار ٢٥ مصدرا كربونيا مختلفا لنمو هذا الفطر فى المعمل ، وجد أن أفضـــل مصدر كربونى هو الجلوكوز ، وهو سكر دم جراد البحر .

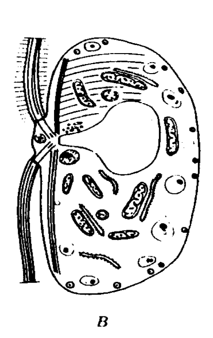
وهناك أنواع تتبع الجنس *Saprolegnia* تسبب أمراضا للأســـماك ، ولكـــن مـــن الصعب تحديد أى الأنواع تصيب الأسماك المجروحة ، وأيها يصيب الأسماك السليمة ؛ حيث يصعب تمييز الأنواع الجرحية من غيرها . وعلى أية حال فإن خدش أو جـــرح أسماك الماء العذب يؤدى - عادة - إلى الإصابة بفطريات العفن المائية ، ويزيد مـــن معدل موت هذه الأسماك . وعند عدوى الأسماك المجروحة من النوع *Platypoecilus maculatus* بالجراثيم الهدبية للفطر *Saprolegnia parasitica* تحت ظروف المعمل، فإنها تؤدى إلى موت هذه الأسماك خلال ٢٤ ساعة .



شكل (٣ - ١٠) : الكيس الإسبورانجى للفطر *Saprolegnia* .

A = قمة هيفا جسدية .
B-D = مراحل تكوين الكيس الإسبورانجى المحتوى على جراثيم هدبيــــة zoosporagium .
E = تحرر الجراثيم الهدبية من الكيس الإسبورانجى .
F = تكوين كيس إسبورانجى جديد من خلال الكيس الفارغ .
G = جرثومة سابحة أولية (أول طور متحرك) .
H = حوصلة متكونة بعـد المرحلة الأولى من الســباحة (حوصلــة أولية) .
I-J = إنبات الحوصلة الأولية وتكوين الطور المتحرك الثانى (جراثيــم هدبية ثانوية) .
K-M = جراثيم هدبية ثانوية .
N = جرثومة هدبية ثانوية لحظة تحوصلها ، ويلاحظ فقد الأهداب .
O = حوصلة ثانوية .
P = إنبات الحوصلة الثانوية مكونة أنبوب إنبات .





شكل (٣ – ١١) : رسم تخطيطى يوضح قطاع طولى فى جرثومة هدبية أولية (A) وأخرى ثانوية (B) لفطر العفن المائى *Saprolegnia* .

TF = tinsel flagellum **سوط ريشى (بهرجانى)** .

WF = whiplash flagellum **سوط كرباجى** .

N = **نواة** M = **ميتوكوندريا** .

B = **الأجسام القاعدية** basal bodies .

ER = **الشبكة الاندوبلازمية** .

L = **قطيرات زيتية** .

G = **جسم جولجى** .

V = **فقاعة مائية** .

ولقد أثار دور هذا الفطر الممرض للأسماك جدلا علميا طويلا ، وخاصة مسئوليته عن أمراض الجلد الخطيرة لأسماك السلمون الناضجة وسمك التروته البنى (السمك المرقط) . وتظهر أعراض هذا المرض على شكل قروح ذات فتحاتٍ خارجيةٍ على جلد الأسماك المصابة . ويعرف هذا المرض فى العالم منذ عام ١٨٦٠ ، وقد زاد انتشاره فى عدة مناطق ، ثم بدأ فى الانحسار تدريجيًّا بعد ذلك .

وتبدأ ظهور أعراض هذا المرض على أسماك السلمون (*Salmo salor*) خلال هجرتها للتزاوج ووضع البيض ؛ وذلك عند خروجها من ماء البحر ودخولها إلى الماء

العذب . والمسبب الرئيسى لهذا المرض غير معروف ، وقد يكون فيروسا ؛ حيث تبدأ الأعراض على صورة بقع صغيرةٍ ميتةٍ على أجزاء الجلد العارية من القشور ؛ مثل جلد الرأس .

وتكبر هذه البقع الصغيرة باستمرار ، ولكن قد تشفى هذه الأسماك المصابة فى خلال فصل الربيع والصيف ، ولكن عند انخفاض درجة الحرارة فى فصلى الشتاء يعود المرض للانتشار ، وتظهر هذه البقع الميتة مرةً أخرى .

ولقد لوحظ وجود الفطر *S. parasitica* على هذه البقع الميتة ؛ حيث ينتشر الميسليوم الفطرى ، ويصيب الجهاز العضلى للأسماك المصابة ، ويخترق هذا الميسليوم العضلات إلى عمقٍ كبير ، يصل إلى ١٥ ملليمترا بعيدا عن الجلد المصاب .

وفى هذه المرحلة تموت الأسماك المريضة بسرعةٍ ؛ بسبب هبوط دورتها الدموية الناتج عن انخفاض أسموزية محلول الدم . ويبدو أن هذا الفطر يصيب الأسماك كفطر جرحى، وخاصة فى المناطق الباردة ، أو عند انخفاض درجة الحرارة فى فصل الشتاء . وقد تزداد حالة الأسماك المصابة سوءًا إذا اشتركت البكتيريا المائية فى مهاجمة الأسماك المصابة .

ويهدد الفطر *Saprolegnia parasitica* مصادر الثروة السمكية فى الأنهار ومصباتها ، وفى المزارع السمكية ، وأحواض التربية ، وأحواض أسماك الزينة ؛ حيث تعتبر الأسماك ذات الزعانف الطويلة أكثر عرضة للإصابة بالفطر من غيرها من الأسماك .

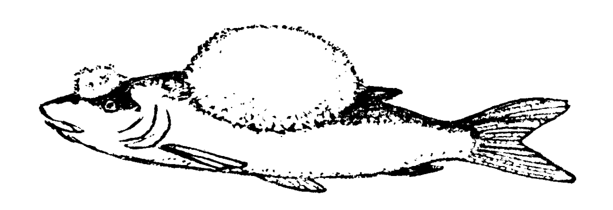
ويهاجم الفطر الأسماك من خلال جروح الجلد ، وأيضا فتحات الخياشيم والفم والعيون ، وعند اشتداد العدوى يخترق الفطر الأنسجة العضلية . وتستقر الهيفات الفطرية خلال فصل الشتاء فى التجويف الأنفى للأسماك على صورة حزمةٍ هيفيةٍ ، وقد تتدلى من فتحة الأنف فى صورة خيوطٍ رفيعةٍ ؛ حيث يسمى هذا المرض – عندئذٍ – مرض ستاف Staff `s disease نسبة إلى العالم البولندى Staff الذى وصفه لأول مرةٍ عام ١٩٢٥ .

ويلاحظ أن هذه الهيفات الفطرية المتدلية من فتحة أنف الأسماك المصابة تزداد نموًا بعد انتهاء فصل الشتاء ؛ وتهاجم جسم السمكة ؛ فتظهر عليها خصل من خيوط بيضاء

تتشعب خارج الجسم ؛ حيث تتعلق بها بعض الشوائب العالقة بالماء ؛ مما يعطيها لونا رماديًا قذرا ، ويؤدى ذلك إلى إصابة عيون الأسماك بالفطر ؛ فتفقد بصرها ، وتكف عن التغذية ، ثم تموت بعد ذلك ، ويطلق على هذا المرض " Saprolegniasis " (شكل ٣ - ١٢) .

وتحدث العدوى بالفطر *S. parasitica* فى أسماك المزارع عن طريق الجروح المفتوحة فى جسم السمكة ، كما أن أى خدش فى جلد السمكة ، أو الإصابة بأى طفيل خارجى قد يؤدى إلى تثبيت هيفات الفطر وانتشارها داخل جسم السمكة .

ويتوقف تقدم المرض على الظروف الخارجية . ففى الأسماك الضعيفة يكون النمو الفطرى سريعا ، فى حين يحتاج الأمر إلى فترة طويلة - قد تمتد إلى أسابيع - لكى تظهر بقعة ميتة على جلد السمكة السليمة يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وتشتد الإصابة بهذا الفطر بانخفاض درجة الحرارة ، كما تصبح الأسماك أكثر حساسية للعدوى فى موسم تناسلها .



شكل (٣ - ١٢) : سمكة مصابة بالمرض الفطرى (Saprolegniasis) .

ويعتبر هذا الفطر مسببا رئيسيًا لأمراض أسماك الزينة التى يربيها الهواة فى الأحواض الزجاجية ، لذلك يراعى - عادة - وضع قطع من الأحجار الجيرية فى قاع الحوض لتجنب قلوية الماء ؛ حيث تؤدى زيادة القلوية إلى تأكل الطبقة الهلامية التى تحيط بجسم السمكة ؛ مما يجعلها أكثر عرضة للإصابة بالفطر .

ومن الفطريات الأخرى الممرضة للأسماك والتى تتبع رتبة Saprolegniales الفطر *Branchiomyces* spp. ؛ الذى يهاجم خياشيم الأسماك مسببا تعفنها ، ويطلق على هذا المرض " Branchiomycosis " .

وهناك نوعان من هذا الفطر : الأول *B. sanguinis* الذى يسبب تعفن خياشيم أسماك الكارب والسمك الذهبى وسمك أبو شوكة والتنش ؛ حيث يهاجم الفطر الأوعية الدموية بالقوس الخيشومى والخيوط الخيشومية .

أما النوع الثانى من هذا الفطر *B. demigrans* ، فهو يسبب مرض تعفن خياشيم أسماك الكراكى ؛ حيث تظهر أعراض الإصابة على صورة نموات هيفيةٍ ذات تفرع شجيرىّ على خياشيم الأسماك المصابة .

ويسبب الفطران السابقان اختناقاً للأسماك المصابة ؛ مما يجعلها تتوقف عن التغذية، وتطفو بالقرب من سطح الماء . وتظهر على الخياشيم بقع ذات ثقوبٍ وكدماتٍ ، مع تكوين غشاءٍ كاذبٍ على الخياشيم التى تبدو شاحبة اللون . ويرجع اللون الشاحب لخياشيم الأسماك المصابة إلى نمو الهيفات الفطرية داخل الأوعية الدموية للخياشيم ؛ مما يعوّق الدورة الدموية ، ويؤدى – فى النهاية – إلى موت الأسماك المصابة .

كما تعمل البكتيريا المائية على تعفن الخياشيم كإصابة ثانويةٍ ؛ مما يجعلها تتآكل ولا يتبقى منها سوى الدعامات الغضروفية . وتزداد الإصابة بالفطر *B. demigrans* صيفاً، ويساعد تراكم المواد العضوية فى أحواض تربية الأسماك بالمزارع السمكية على اشتداد العدوى .

❊ طرق عزل الفطريات السابرولجينية :

١ – **المصايد الغذائية** : تستعمل – عادةً – بعض المواد الغذائية التى تفضلها هذه الفطريات فى التغذية ؛ مثال ذلك الحشرات الميتة ، وبذور القنب المغلية ؛ حيث تترك هذه المواد الغذائية طافية على سطح الماء لفترةٍ . ويتوقف نجاح اصطياد الفطر على حركة الجراثيم الهدبية وانجذابها كيماويًّا ناحية المواد المستعملة كطعم .

٢ – **طريقة مزرعة الآجار** : تضاف عينة من مياه البحيرة أو النهر إلى بيئة آجار الشوفان بعد تعقيمها وتركها تبرد قليلا . وبعد صبها فى أطباق " بترى " المعقمة ، تقطع بيئة الآجار بعد تصلبها إلى قطع صغيرةٍ ، وتنقل إلى أطباق بترى أخرى تحتوى على ماءٍ معقم . وبعد التحضين لفترةٍ كافيةٍ يلاحظ ظهور نموات لهيفاتٍ فطريةٍ – وأحياناً أكياساً إسبورانجية – نامية من

قطعة الأجار . ويمكن حساب عدد الوحدات الفطرية المتكونة لكل لتر من ماء البحيرة .

٣ - **طريقة كاربوكسى مثيل سيليلوز (CMC)** : تعتمد هذه الطريقة على احتواء البيئة الغذائية المستعملة على عناصر غذائية قليلة ؛ مما يقلل من معدل التلوث بالفطريات الأخرى . وقد تستعمل بعض المضادات الحيوية مثل pimaricin ؛ حيث يهيئ ذلك الفرصة لظهور الفطريات البيضية دون غيرها من الفطريات الأخرى .

٤ - **طريقة الطرد المركزى** : يؤدى الطرد المركزى لعينة مياه البحيرة إلى تركيز الوحدات الفطرية للفطريات المائية قبل استعمالها فى العزل . وتفيد هذه الطريقة عندما يكون تركيز الوحدات الفطرية قليلاً فى العينة .

٥ - **الفحص الميكروسكوبى المباشر** : يمكن - فى بعض الحالات - فحص عينات المياه المحتوية على وحدات الفطريات المائية فحصاً مباشراً باستعمال الميكروسكوب الضوئى العادى ، وخاصة إذا احتوت هذه العينات على بعض السمك الذى ينمو عليه فطريات تتبع العائلة Saprolegniaceae ، وكذلك وجود أجزاء حشرية ينمو عليها فطريات تتبع نفس العائلة السابقة . وتفيد مثل هذه الدراسات فى التعرف على طبيعة البيئة التى ينمو عليها أفراد هذه الرتبة فى المياه العذبة ، ونوع المواد العضوية التى تفضلها فى التغذية .

* توزيع الفطريات السابرولجينية :

عند عزل الفطريات التابعة للعائلة Saprolegniaceae من أماكن مختلفة من البحيرات والأنهار ؛ مثل مركز المسطح المائى وحوافه ، وذلك باستعمال طريقة المصائد الغذائية السابق الإشارة إليها ، وكذلك عن طريق أخذ عينات من مياه البحيرة من أماكن مختلفة .. أظهرت نتائج مثل هذه الدراسات وجود الفطريات السابرولجينية على حافة البحيرة بأعلى تركيز ، بينما تقل هذه الفطريات فى مركز البحيرة وعلى الشاطئ الطينى لها .

وتؤثر عوامل كثيرة على أعداد هذه الفطريات ؛ منها رقم الحموضة pH-value ، التى تتغير تبعاً لكفاءة التمثيل الضوئى الذى تقوم به بعض الطحالب والحشائش المائية . فمثلاً عندما يقل ثانى أكسيد الكربون فى مياه البحيرة - نتيجة استخدامه فى التمثيل

الضوئى – يرتفع رقم الحموضة فى ماء البحيرة ، وخاصة إن كان محتواها من أملاح البيكربونات قليلا ؛ لذا يجب عدم الاعتماد على قياس رقم حموضة عينة ماء البحيرة دون أن يؤخذ فى الحسبان محتواها من الأملاح الذائبة ؛ حيث إن ذلك قد يؤدى إلى نتائج مضللةٍ .

ولقد قسم Lund (1934) الوسط المائى – من حيث رقم حموضته – إلى خمسة أقسام ؛ هى :

١ – **وسط مائى عالى الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٣,٥ و ٤,٥ ، وهو يناسب بعض الفطريات التابعة لهذه العائلة ؛ مثل : *Saprolegnia delica* ، *S. litoralis* ، و *S. diclina*.

٢ – **وسط مائى قليل الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٥ و ٦,٨ ، ولا تشاهد فى هذا الوسط أية فطرياتٍ بيضيةٍ .

٣ – **وسط مائى متعادل الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٣ و ٧,٥ ؛ وهو يناسب الفطريات : *Dictyuchus sterile* ، و *S. diclina* .

٤ – **وسط مائى متعادل القلوية** : ويتراوح رقم حموضته بين ٦,٥ و ٧,٧ ؛ وهو يتميز بتوفر المواد العضوية المتحللة ، ويناسب وجود الفطريات : *Achlya radiosa* ، و *S. monoica* ، و *S. ferax* .

٥ – **وسط مائى قليل القلوية** : ويتراوح رقم حموضته بين ٧ و ٨,٤ ؛ وهو يناسب الفطريات : *Aphanomyces laevis* ، و *S. hypogyna* ، و *S. ferax* .

ولا تتواجد الفطريات التابعة للعائلة Saprolegniaceae فى مياه البحار ، والتى تصل نسبة الملوحة فيها إلى حوالى ٣,٥ ٪ ؛ وذلك راجع إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تحمل نسبة ملوحةٍ تزيد على ٢,٨ ٪ .

ولقد وجد كثير من الباحثين (مثل Ince & Armstrong 1990) انخفاضاً فى نسبة إنبات الجراثيم الهدبية وتثبيط نمو ميسليوم هذه الفطريات عند زيادة نسبة الملوحة إلى حوالى ١,٠ ٪ (أى حوالى ثلث تركيز ماء البحر) . وتؤثر هذه الزيادة فى ملوحة المياه على معدل التنفس الذى يقل معنويًا ، كما لا يستطيع الفطر التكاثر جنسيًا . ولقد لوحظ عند الفحص الميكروسكوبى لهيفات الفطر – تحت هذه الظروف – حدوث بلزمة .

ومن المشاهدات الجديرة بالتسجيل ، قـدرة بعض هـذه الفطريـات علـى تحمـل الملوحة لفترة ما ؛ مثال ذلك تحمل الفطر *Saprolegnia parasitica* المسبب لمـرض تحلل الأنسجة فى أسماك السلمون ؛ حيث تتم الإصابة بالفطر خلال وجود الأسماك فى أنهار الماء العذب . وعند هجرة أسماك السلمون إلى البحار للتزاوج ووضع البيـض ، ويتحمل الفطر تلك الظروف الجديدة ، ويعود إلى نشاطه عند عودة الأسماك مرة أخرى إلى النهر .

جـ – رتبة بيرونوسبورات Peronosporales :

تنتشر أفراد هذه الرتبة كمتطفلات أو مترممات على النباتات أو فى التربة ، بينمـا تتبعها عائلة واحدة ؛ هى Pythiaceae التى توجد أفرادها فى بيئة الماء العذب ؛ حيـث يمثلها الجنسان *Pythium* و *Phytophthora* . ولقد أمكن عزل بعض الأنواع التابعـة للجنس *Pythium* من ماء الأنهار ؛ وذلك باستعمال بيئة خاصة تحتوى على السـيليلوز وبعض المضادات الحيوية التى لا تؤثر على نمو الفطـر ؛ مـثال ذلـك المضـاد الحيوى بيماريسين pimaricin ، و فانكوميسين vancomycin . ولقد تم عزل جراثيـم هدبية سابحة للفطريات : *fluminum* .*P. fluminum* var ، و *P. fluminum var* *flavum* ، و *P. uladhum* .

٣ – الفطريات الأسكية :

تعتبر الفطريات الأسكية شائعة الانتشار فى بيئة المياه العذبة ، بعكس الحـال فـى الفطريات البازيدية . ويلاحظ فى حالة الفطريات الأسكية المائية قيام الكيـس الأسـكى بوظيفة الكيس الأسبورانجى فى الماء .

وعلى الرغم من أن بعض أفراد الفطريات الأسكية الأرضية التى – تكون أجسـاما ثمرية مفتوحة apothecia – فإن حواف الجسم الثمرى فيها تكون منثنية إلى أعلـى ؛ وذلك لحماية الطبقة الخصيبة من سقوط قطرات المطـر ؛ حيث يـؤدى بلـل الجسـم الثمرى المفتوح إلى إعاقة انطلاق الجراثيم الأسكية ، إلا أن الفطريات الأسكية المائية (المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة) لها ميكانيكية خاصة تسـمح لجراثيمـها الأسـكية بالانطلاق فى الماء .

ومن فطريات المياه العذبة الأسكية الفطـــر *Leptosphaeria lemaneae* ؛ وهـــو يشابه الفطر الأسكى البحرى *Mycosphaerella ascophylli* ؛ حيث ينمو الفطر الأول على ثالوس أحد أنواع الطحالب المائيـــة الحمراء من الجنس *Lemanea* دون أن يسبب له أى ضرر .

بَيْدَ أن هناك أنواعاً أخرى من فطريات الماء العذب الأسكية التى تســبب أضـــرارا للنباتات المائية ؛ مثال ذلك عفـــن ســيقان نباتـــات المســتنقعات الحمـــراء ؛ مثـــل : *Phragmites australis* ، و *Typha latifolia* ، حيث تظهر الأعراض على الفروع المغمورة فى الماء ، ويمكن مشاهدة الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة علـــى الأمـــاكن المصابة .

ومن الفطريـــات المائيـــة الأســـكية الممرضة أنـــواع من الجنس *Apostemidium* (شكل ٣ – ١٣ – a) وهو أحد فطريات الماء العذب . ويتميز هذا الفطـــر بتكويـــن جراثيم أسكية خيطية الشكل ، منحنية عند أطرافها ، مكونة شكلا يشبه حرف S .

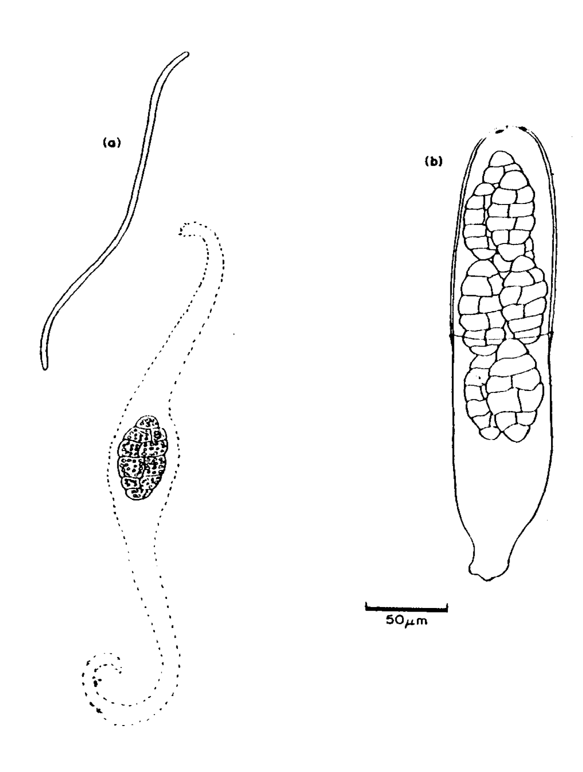
وهناك فطريات أسكية أخرى تكون جراثيم أســـكية ذات نـــهاياتٍ مســـتدقةٍ وقـــوام جيلاتينىّ ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *Pleospora scirpicola* (شكـــل ٣ – ١٣ – b) ؛ الذى يكوّن غلافاً جيلاتينيًّا يحيط بالجرثومة الأسكية بعد تحررها من الكيس الأســـكى ؛ حيث يتكون تركيب مستطيل ذو نهاياتٍ منحنيةٍ . ويعتـــبر هـــذا التحـــور مـــن أكـــثر التحورات شيوعاً فى الفطريات المائية لتتلاءم مع بيئتها .

٤ – الفطريات الناقصة الهيفية :

يطلق على هذه الفطريات – عادةً – اسم " Ingoldian aquatic hyphomycetes " تكريماً لرائد دراستها العالم Prof. Ingold . وتضم هذه الفطريات حوالى ٣٠٠ نوع ، تنتشر فى جميع أنحاء العالم فى الأنهار السريعة التدفق الجيدة التهوية والأنـــهار غـــير الملوثة ؛ حيث تعمل سرعة تدفق الماء ووجود الدوامات المائية على نشر جراثيم هـــذه الفطريات .

كما توجد هذه الفطريات فى البحيرات ، وأيضاً فى البيئة الأرضية حيث تنمو على أوراق وفروع الأشجار المتساقطة الأوراق ، والتى تتساقط أوراقها فى الماء . كما تنمو

هذه الفطريات على النباتات المغمورة فى الماء ، وتنمو داخليًا فـــى جـــذور الأشجـــار السليمة ؛ مثل : Salix ، و Alnus ؛ التى تنمو جذورها فى الماء .



شكل (٣ – ١٣) : نموذج لأحد الفطريات الأسكية المنتشرة فى الماء العذب .
a – جرثومة أسكية خيطية الشكل Thread-like ascospore ؛ للفطـــر *Apostemidium guernisaci* .
b – جرثومـــة أســـكية ذات غـــلاف جيلاتينـــى للفطـــر *Pleospora scirpicola* .

ويتخلل الميسليوم المقسم لهذه الفطريات أنسجة أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء ، بينما تتكون الحوامل الكونيدية على سطوح الأوراق المعرضة للهواء ، وخاصة على العروق . وخلال ذلك تتحلل أنسجة الورقة تحللا هوائيًا ؛ حيث تتحول الورقة إلى هيكلٍ من العروق بعد تحلل بقية الأنسجة .

ومن أهم مميزات هذه الفطريات أنها ذات كونيديات كبيرةِ الحجم ، يتراوح قطرها بين ٥٠ ميكرونا و ١٠٠ ميكرون ، تختلف فيما بينها فى طريقة تكوينها وتحررها ؛ فنجد – على العكس من الفطريات الهيفية الأرضية – أن قليلاً من الفطريات الهيفية المائية يكون كونيدياتٍ مغزلية أو بيضية الشكل ، ولكن معظمها يكوّن كونيدياتٍ مستطيلة منحنية دودية الشكل sigmoid ؛ بحيث تنحنى الجرثومة فى أكثر من مستوى واحدٍ .

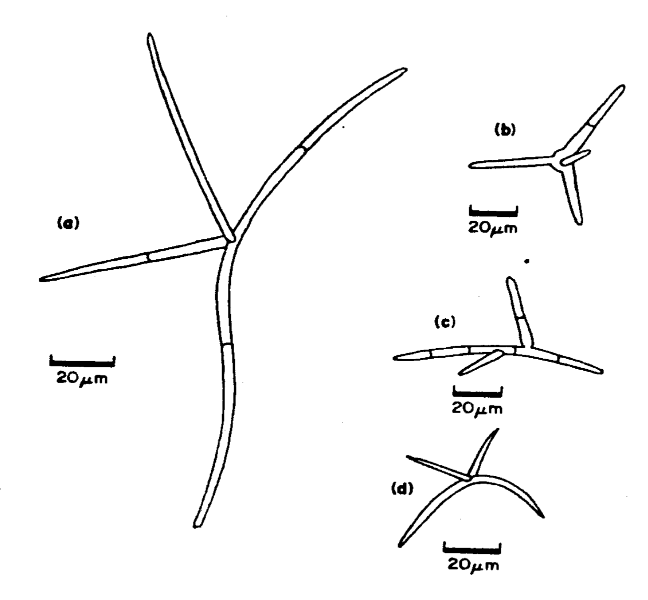
كما تتميز كونيديات هذه الفطريات بتفرعها ؛ حيث يكون التفرع – عادةً – رباعيًا ، وتتكون أربعة أذرع متباعدةٍ بعضها عن بعض شكل (٣ – ١٤ – a ، b) . وتختلف الكونيديات الرباعية الأذرع tetra-radiate conidia فيما بينها خلال مراحل تكوينها .

وهناك طريقتان أساسيتان لتكوين هذه الكونيديات : الأولى هى الكونيديات الداخلية التكوين phialoconidia ، والثانية هى الكونيديات المنفصلة طرفيًّا terminal thalloconidia (aleurio conidia) ؛ والتى قد تكون ناتجة عن التبرعم ؛ حيث يطلق عليها اسم " الكونيديات المتبرعمة Blastoconidia "

وعادةً ما يظهر على الحامل الكونيدى كونيدة واحدة ذات أذرع أربعةٍ شكل (٣ – ١٥ – f) ، وقد تظهر الأذرع فى الكونيدة متزامنة – أى فى وقت واحد – أو متتابعة شكل (٣ – ١٥ – e ، g) .

وتتكون الكونيديات الداخلية التكوين phialoconidia من قمة خليةٍ خاصةٍ ذات شكل قارورىّ تسمى " القارورة phialide " ، حيث يتم تكوين الكونيدة ، وتصل إلى حجمها الكامل قبل خروجها وانفصالها عن الخلية المولدة . وعندما يحدث ذلك تبدأ كونيدة أخرى فى التكون من نفس الخلية السابقة ذات الشكل القارورى شكل (٣ – ١٥ – e ، f) .

وفى حالة الكونيديات المتكونة جسديًا thálloconidia ؛ فإن الكونيدة تتكون عن طريق تكوين جدار يفصل بينها وبين الحامل الكونيدى فى المراحل الأولى من التكوين.

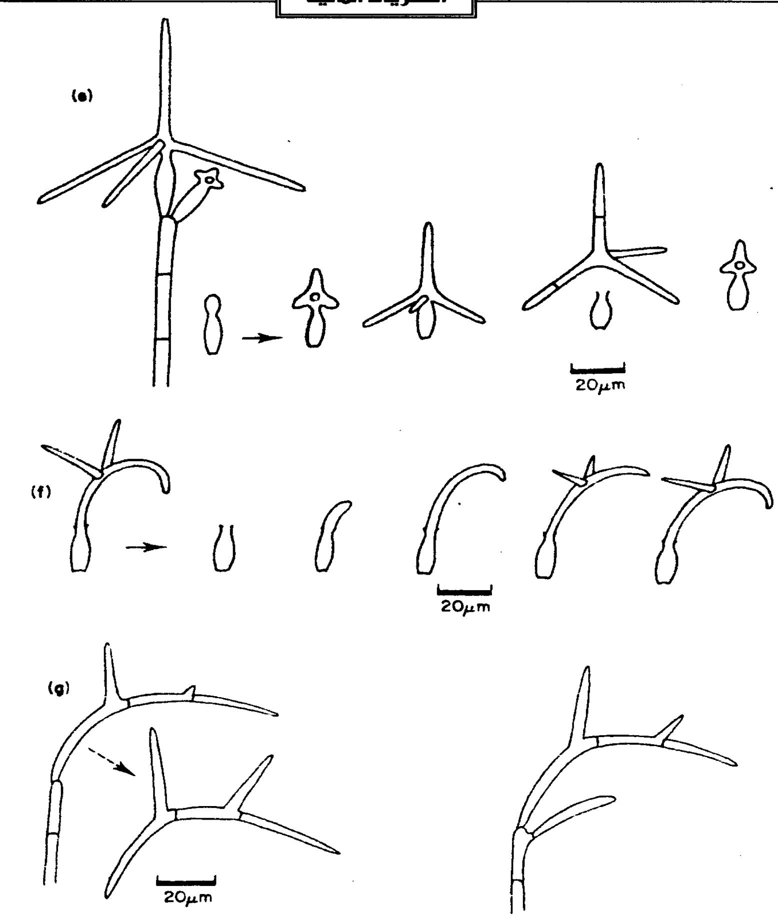


شكل (٣ - ١٤) : كونيديات رباعية الأذرع لبعض الفطريات المائية الهيفية .

a = الجنس *Tetrachaetum* . b = الجنس *Lemonniera* .
c = الجنس *Tricladium* . d = الجنس *Alatospora* .

وبعد تحرر هذه الكونيدة ، يكوّن الحامل كونيدةً جديدةً في مستوى أخر عن طريق تكوين جدار فاصلٍ (شكل ٣ - ١٥ - g) ، بينما تتكون الكونيديات المتبرعمة blastoconidia عن طريق تبرعم الحامل الكونيدى ؛ حيث يكوّن خلايا مفردةً من الجوانب ؛ بحيث يصعب تحديد القمة الطرفية للحامل الكونيدى .

ومعظم الفطريات الهيفية الموجودة في الماء العذب عبارة عن أطوار ناقصةٍ لفطرياتٍ أسكيةٍ وقليل منها بازيدى ؛ إلا أن الأبحاث التى تهتم بعلاقة الأطوار الناقصة anamorphs بالأطوار الكاملة telemorphs للفطريات النامية فى بيئة المياه العذبة مازالت قليلة .



شكل (٣ - ١٥) : تكوين الكونيديات القارورية phialoconidia فى بعض الفطريات المائية .

e = الجنس *Lemonniera* .   f = الجنس *Alatospora* .

g = تكوين الكونيديات الجسدية thalloconidia فى الجنس *Tricladium* .

وعلى ذلك فإن هذه الفطريات الهيفية ليست مجموعة متجانسة ، ولكن يجمعها تأقلمها على البيئة المائية ؛ حيث تطورت الكونيديات – من ناحية الشكل – لتلائم هذا الوسط وظيفيًا . ويتم تكوين الأطوار الكاملة لهذه الفطريات – عادةً – على الفروع والأغصان وأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء فى الأنهار والبحيرات ، وأيضا على تلك التى يطرحها النهر على شاطئه .

ولا تُظْهر الجراثيم الأسكية أو البازيدية لهذه الفطريات أىَّ نوع من أنواع التأقلم مع البيئة المائية ، بعكس الحال فى الكونيديات . وربما يرجع ذلك إلى أن هذه الأطوار الكاملة تتكون بعيداً عن البيئة المائية ، ويتم انتشارها بالتيارات الهوائية ، التى تعمل على نشر هذه الجراثيم لمسافات طويلة .

ولقد تركزت البحوث التى أجريت للتعرف على الأطوار الكاملة (الجنسية) للفطريات المائية الهيفية (الناقصة) ؛ على أساس إنبات كونيدة فرديةٍ على بيئةٍ غذائيةٍ للحصول على نموٍّ ميسليوميٍّ لهذا الفطر . وعند تعريض هذا النمو الفطرى لبعض الظروف الخاصة – مثل درجة الحرارة المنخفضة (١٠ – ١٥°م) . والأشعة فوق البنفسجية القريبة – فإن ذلك يعمل على حث الفطر على تكوين الطور الكامل .

ومن الممكن إجراء ذلك بطريقةٍ عكسيةٍ ؛ وذلك بالحصول على الطور الكامل للفطر من المواد العضوية الطافية على سطح الماء ، ثم إنباتها فى بيئةٍ مائيةٍ معقمةٍ ؛ للحصول على الطور الكونيدى (الناقص) لهذا الفطر .

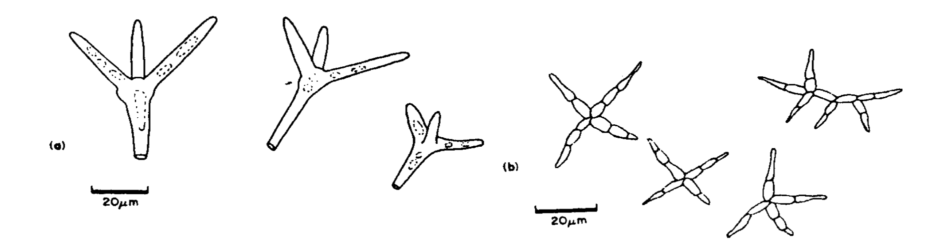
ومن ناحية أخرى أوضحت مثل هذه الدراسات أن معظم الفطريات الهيفية الناقصة فى البيئة المائية لها أطوار أسكية كاملة ، وقليل منها بازيدى . فمثلا تم حث الفطران المائيان *Flagellospora penicillioides* ، و *Heliscus lugdunensis* ، على تكوين الطور الجنسى فى المعمل ، فتكونت أجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia للجنس *Nectria* ، بينما كوّن الفطر الناقص *Anguillospora crassa* أجساما ثمرية أسكية دورقية للجنس *Mollisia* ، وكوّن الفطر الناقص *A. longissima* أجساما ثمرية أسكية للجنس *Massarina* .

وبالإضافة إلى ما سبق ؛ فهناك فطريات مائية ناقصة أخرى كونت أطوارا كاملة لفطرياتٍ بازيديةٍ ؛ حيث تميزت هيفات هذه الفطريات بوجود روابط كلابيةٍ clamp

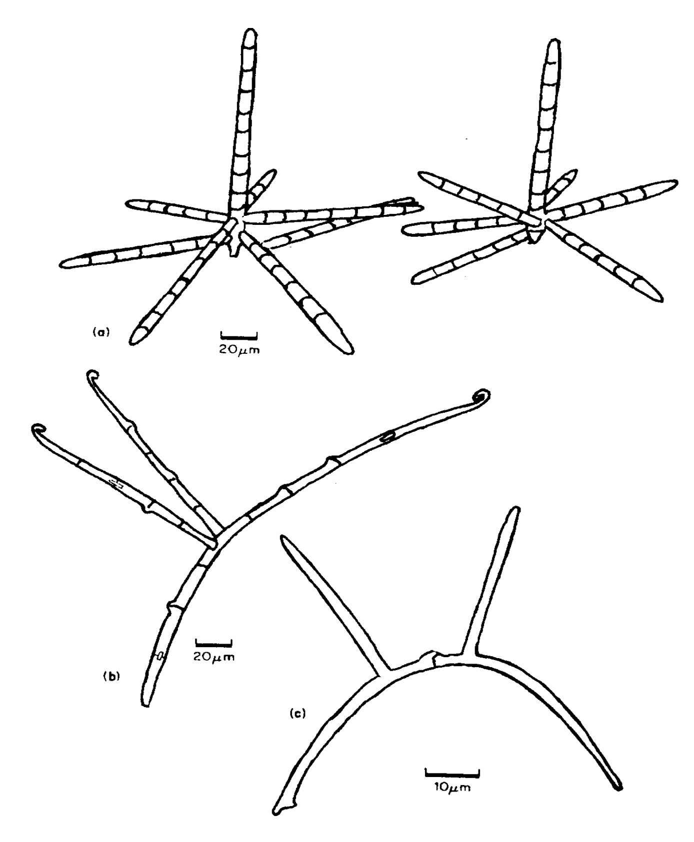
connections ؛ مثال ذلك : الفطر الناقص *Ingoldielle hamata* ذو الكونيديات الرباعية الأذرع .

ولا ينحصر وجود الكونيديات الرباعية الأذرع tetra-radiate conidia فى الفطريات الهيفية المائية فقط ، بل توجد فى عديد من الكائنات الحية الأخرى فى البيئة المائية ؛ مثل الطحلب البنى .*Sphacelaria* spp ، والطحلب الأخضر *Actinastrum hanzschii* ، وبعض الخمائر المائية مثل *Candida aquatica* شكل (٣ -١٦- b) .

وتوجد بعض الجراثيم الأسكية لفطريات مائية قاطنة للخشب من العائلة Halosphaeriaceae ذات الشكل الرباعى الأذرع ، مثل : الفطر *Halosphaeria quadricornuta* شكل (٣ - ٢ - a) ، والفطر *Ceriosporopsis calyptrate* شكل (٣ - ٢ - c) . بالإضافة إلى بعض الجراثيم البازيدية الرباعية الأذرع للفطر *Digitatispora marina* شكل (٣ - ١ - a) الذى يكون جسما ثمريا قشرى الشكل، والفطر *Nia vibrissa* شكل (٣ - ١ - b) الذى يتبع الفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes ؛ حيث يكون جراثيمه البازيدية فى أجسام ثمرية صغيرة الحجم قطرها حوالى ٥ ملليمترات ، ذات شكل كروى ولونها برتقالى إلى بنفسجى . وتغمد الجراثيم البازيدية فى مادة جيلاتينية، ويتم تحررها بعد تمزق الجسم الثمرى .



شكل (٣ - ١٦) : a - جراثيم رباعية الأذرع للفطر .*Entomophthora* sp .
b - مجاميع من الخلايا ثلاثية وعديدة الأذرع للفطر *Candida aquatica* .



شكل (٣ - ١٧) : كونيـديـات ربـاعيـة الأذرع لبعـض الفـطريات البازيديـة :

a = الفطر *Dendrospora fusca* .

b = الفطر *Ingoldiella hamata* .

c = الفطـر *Tricladium* sp. (الطـور الكونيـدى للفطـر *Leptosporomyces galzini*) .

أ – الأهمية الحيوية للجراثيم الرباعية الأذرع :

تميز هذه الجراثيم فطريات البيئة المائية ؛ حيث وضعت نظريتان توضح أهمية هذا التركيب الرباعي الأذرع ، الأولى : بطء ترسيب هذه الجراثيم في الماء إذا قورنت بالجراثيم العادية التي لها نفس الوزن ؛ مما يعمل على سهولة انتشار هذه الجراثيم الرباعية الأذرع عن طريق التيارات المائية بطريقة أكفأ ولمسافات أبعد . ففي الكائنات العالقة بالماء planktonic organisms ، يلعب زيادة سطح الكائن الحي بالنسبة إلى وزنه دورا كبيرا في عدم ترسيبه إلى الأعماق ، واستمرار تعلقه بالطبقة السطحية للماء . كما تعمل أذرع الكونيدة على الاستفادة من الدوامات المائية ، مما يساعد على استمرار طفوها وانتشارها .

وتفترض النظرية الثانية قدرة هذه الكونيديات الرباعية الأذرع على التعلق بالأجسام الطافية بعد تحررها ؛ وبذلك تتمكن هذه الكونيديات من الإنبات والنمو في وسط مائي / هوائي . ولقد لوحظ عدم إنبات هذه الكونيديات خلال طفوها على سطح الماء ؛ حيث يمكنها الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة نسبيا ؛ فمثلا تختلف كونيديات الفطر المائي *Articulospora tetracladia* والفطر المائي *Tricladium splendens* بحيويتها لمدة شهر على درجة حرارة ١٣ م ؛ حيث كان معدل الإنبات في نهاية المدة ٩٤ و ٩١ ٪ على الترتيب .

وهناك مميزات أخرى لهذا الشكل الرباعي الأذرع لمساعدة الكونيديات على الطفو على سطح الماء ؛ حيث تساعد هذه الأذرع على التعلق بفقاعات الهواء الصاعدة إلى أعلى ؛ مما يجعلها موجودة دائما بالقرب من سطح الماء ولا تترسب في القاع . وعلى ذلك تكون الكونيديات ذات الأذرع الطويلة أكثر استفادة من دفع فقاعات الهواء لأعلى إن قورنت بالكونيديات الكروية ذات السطح الأملس .

وتتجمع فقاعات الهواء الصاعدة على سطح الأنهار ؛ حيث تكون – مع المواد العضوية – طبقة من المواد الرغوية الطافية على السطح ، يتركز فيها كونيديات الفطريات المائية الرباعية الأذرع . وفي هذا الوسط المائي / الهوائي تجد الكونيديات بيئة مناسبة للإنبات والنمو ؛ حيث تظل المادة العضوية رطبة دائما ، مع وجود تهوية كافية حولها .

وتتكون الحوامل الكونيدية – وأحيانا الأطوار الجنسية الكاملة – على هذه المواد

العضوية الطافية على سطح النهر ؛ حيث تلعب تيارات الهواء والرياح دوراً كبيراً فى نشر هذه الكونيديات والجراثيم الجنسية .

وتنتشر الفطريات الهيفية المائية – خاصة فى الأنهار السريعة التدفق – عنها فـــى الأنهار البطيئة ، لأنه كلما زادت سرعة تيار الماء زادت التهوية فى الطبقة الســـطحية للماء . ويزداد تكوين كونيديات عديدٍ من الفطريات المائية كلما زادت التهوية ؛ مثـــال ذلك الفطريات : *Articulospora tetracladia* ، و *Lemonniera aquatica* . وقـــد يرجع ذلك إلى توفر الأكسوجين اللازم لتنفس هذه الفطريات ، أو لإزالة بعض المـــواد الطيارة التى تثبط التجرثم .

ب – تغذية الفطريات الهيفية :

ليس من المعروف – على وجه الدقة – نوع المركبات التى تقوم الفطريات الهيفيـــة المائية بالتغذية عليها عند نموها على أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء . فمثـــلاً وجد أن هذه الفطريات تفضل السكريات البسيطة فى تغذيتها ، وأيضاً يمكنـــها التغذيـــة على السيللوبيوز والنشا ، ولكنها لا تحلل السيليلوز . كما تســـتعمل هـــذه الفطريـــات النترات وأيونات الأمونيوم كمصدر نتروجينى .

وربما يفسر ما يحدث لأوراق الأشجار بعد تساقطها وطفوها على سطح مياه النـــهر أنها تُهاجم ببعض فطرية العفن المائية ؛ مثـــل تلـــك التابعـــة لرتبـــة الســـابرولجينات Saprolegniale ، والتى تستعمل أيونات الأمونيوم كمصـــدر نـــتروجينى ، بينمـــا لا تستطيع استعمال النترات .

وعند تحلل أوراق الأشجار تحت ظروف البيئة المائية، فإن المواد الكربوهيدراتيـــة القابلة للذوبان فى الماء سرعان ما تذوب وتُفقد فى مياه النهر ، بينما تتبقى المركبـــات المعقدة غير القابلـــة للذوبان مثل السيليلوز ، والتى يصعب علـــى بعـــض الفطريـــات المائية تحليلها . وهناك عديـــد من الفطريات المائية تستطيع تحليل الســـيليلوز ؛ مثـــل الفطر *Heliscus lugdunensis* الذى يسبب عفناً طريًّا للأخشاب المغمورة تحت سطح الماء ، وكذلك الفطر *Articulospora tetracladia* .

وفى تجربةٍ لدراسة تحليل أوراق الأشجار بواسطة بعض الفطريات المائيـــة تحـــت ظروف المعمل ، وجد الباحثان Suberkrapp & Klug (1981) أن بعـــض هـــذه

الفطريات (مثـــل *Lemonniera aquatica*، و *Tetracladium marchalianum*) يمكنها تحليل السيليلـــوز المضاف إلى بيئة الأجار . وعند نمو هذه الفطريـــات علـــى ورق الأشجار بعد تعقيمها ، أفرزت إنزيمات محللة للسيليلوز ، ونتج عن هذا التحلـــل سكريات بسيطة مختزلة .

وفى نهاية التجربة أصبحت أوراق الأشجار المختبرة لينة ، وانفصلت خلايا نســـيج البشرة والخلايا البرانشيمية بعضها عن بعض ، وتحللت هذه الأنسجة ولم يتبـــق مـــن الورقة سوى هيكلها من العروق . ولقد صاحب هذا التحلل إفراز الفطريـــات المائيـــة لإنزيمات polygalacturonate transeliminase و polygalacturonase .

خامسا - فطريات المياه الراكدة Stagnant water fungi :

تتميز بيئة المياه الراكدة بانخفاض نسبة الأكسوجين وزيادة ثانى أكسيد الكربـــون ؛ مما يؤدى إلى تثبيط بعض الفطريات المائية دون الأخرى . وتوجد بعـــض الفطريـــات المائية التى تنمو جيدا فى المياه الراكدة تحت ظروف قلة التهوية وغياب الأكسوجين ؛ ومـــن أمثلـــة ذلـــك الفطـــران : *Blastocladia ramosa* ، و *Aqualinderella fermentans* .

ويمكن للفطريات السابقة النمو فى تركيز من ثانى أكسيد الكربون يصل إلى ٢٠ ٪ ، بينما يثبط هذا التركيز نمو الفطريات المائية الأخرى .

ويعتبر الفطر *A. fermentans* من الفطـــريـــات الاستوائية وتحـــت الاســـتوائية ؛ حـــيث يعـــزل - عادة - من سطح الثمار اللحـــمية المغمـــورة فى الميـــاه الراكـــدة الدافئـــة (٢٨ - ٣٥ م). كما تنتشر مثل هذه الفطريات تحت المواد العضوية الطافية فوق سطح الماء الراكد ، وخاصة فى الطبقة السفلى ؛ حيث يزداد تركيز ثانى أكســـيد الكربون .

وتتبع فطريات المياه الراكدة - عادة - رتبة Leptomitales ؛ وهى من الرتب غير المعروفة والتابعة للفطريات البيضية . ويوجد تحت هذه الرتبة حوالى ٣٠ نوعـــا مـــن الفطريات المائية ، والتى لم تدرس بعناية فى بيئتها الطبيعية حتى الآن . وتعتبر هـــذه الأنواع من مترممات المياه العذبة ، وتوجد على الأجزاء النباتية الطافية علـــى ســـطح الماء الراكد .

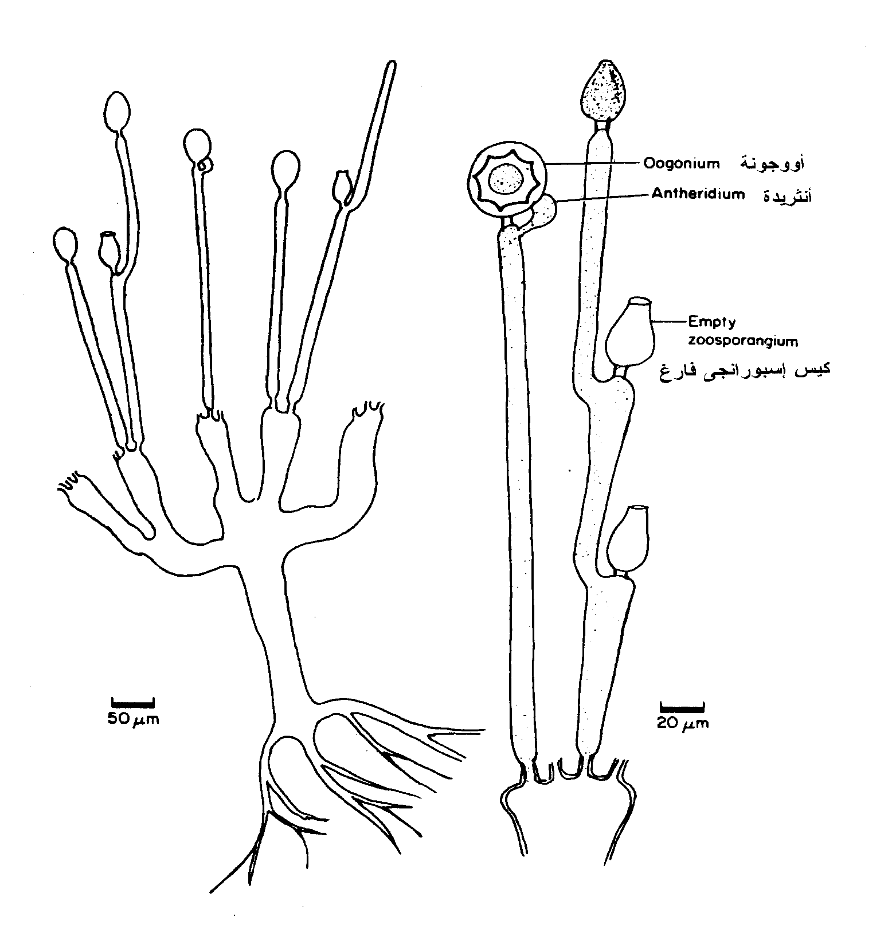
ومن الفطريات التابعة للرتبة السابقة الجنس *Leptomitus* ذو الهيفات الأسطوانية غير المقسمة ، والجنس *Rhipidium* الذى يكون حوامل شجيرية الشكل ذات فروع عريضة يتصل بها من أسفل فريعيات دقيقة من الهيفات الفطرية . وتحمل قمة الأفرع الطرفية أكياسا إسبورانجية تحتوى على جراثيم هدبية ، وقد تحمل جاميطات مؤنثة شكل (٣ – ١٨) .

ويمكن الحصول على هذا الفطر من المياه الراكدة باستعمال بعض المصائد الغذائية؛ مثل ثمار التفاح غير الناضجة ؛ حيث تغمر فى بحيرة أو فى نهر ساكن تحت المياه الراكدة لفترة تتراوح بين ٤ أسابيع و ٦ أسابيع ، وفى خلال ذلك يظهر ميسليوم الفطر على سطح الثمرة ؛ حيث يمكن عزله بعد ذلك بسهولة .

وهناك فطريات أخرى تظهر فى مياه الصرف الصحى sewage water ، تتبع رتبة Leptomitales ؛ مثال ذلك الفطر *Leptomites lacteus* . ويلاحظ أن هذا الفطر لا يستطيع تمثيل السكريات البسيطة مثل الجلوكوز ، بينما يمكنه تمثيل بعض الأحماض الامينية كمصدر كربونى نتروجينى وحيد ، مثال ذلك الليوسين leucine ، والألانين alanine ، بالإضافة إلى مصادر كربونية أخرى ؛ مثل : الخلات acetate ، والبيروفات pyruvate ، والأحماض الدهنية التى تتوفر فى مياه الصرف الصحى .

ومن الفطريات الأخرى التابعة لرتبة Leptomitales الفطر *Sapromyces elongatus* الذى يمكنه تخمير المواد العضوية ، ولكن يقل نموه فى الظروف اللاهوائية ، بينما يستطيع الفطر *Aqualinderella fermentans* تخمير المواد العضوية فى الغياب الكلى للأكسوجين . ويمكن لهذا الفطر استخدام السكريات البسيطة كالجلوكوز والفراكتوز والمانوز كمصدر كربونى خلال عملية التخمر ، مشابها فى ذلك بكتيريا *Lactobacillus* .

ولا يسبب وجود الأكسوجين أى تأثير على نمو الفطر *A. fermentans* أو على قدرته على تخمير السكريات البسيطة ؛ حيث يفتقد هذا الفطر نظام التنفس الهوائى . ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى وجود الميتوكوندريا كجسيمات أثرية مزدوجة الجدار فى بروتوبلازم هيفات الفطر . كما يفتقد الفطر نظام السيتوكروم الموجود فى الفطريات الهوائية .



شكل (٣ - ١٨) : الفطر *Rhipidium americanum* معزول من مياه راكـــدة باســتعمال مصيدة ثمرة تفاح مغمورة تحت سطح الماء .

ويحتاج الفطر فى نموه إلى الليبيدات ، لأن بناءهـا يتطلب وجـود الأكسـوجين الجزئى، وأيضا يحتاج الأحماض الأمينية بالإضافة إلى عديد من الفيتامينـات . وقـد ترجع قدرة هذا الفطر على التخمر الأجبارى إلى ظـروف البيئـة التى ينمـو فيـها ، والتى تفتقر إلى الأكسوجين ، بينما يزداد فيها ثانى أكسيد الكربون والمـواد العضوية . وفى مثل هذه الظروف البيئية تثبط كثير من الفطريات المائية ، بينمـا يسـود فيـها النشاط البكتيرى .

سادسا - الدراسات البيئية للفطريات المائية :

عند تساقط أوراق الأشجار المتساقطة الأوراق على سطح نهر أو بحيرة ، تحـدث لها مجموعة من التغيرات الطبيعية والكيمائية والميكانيكية والحيوية ، ويمكـن تقسـيم مراحل تحلل هذه الأوراق إلى ثلاثة أقسام ، وهى :

١ – مرحلة ذوبان وخروج المواد القابلة للإذابـة فى ماء البحيرة (leaching) .

٢ – مرحلة النمو الميكروبى على سطح الأوراق (microbial colonization) .

٣ – مرحلة تغذية الحيوانات اللافقاريـة المائيـة علـى الأوراق (Invertebrate feeding) .

ويتم فى المرحلـة الأولـى إذابـة وخروج المواد القابلة للذوبان فى المـاء مـن أوراق الأشجار الطافيـة على سـطح المـاء ؛ مثـل الكربوهيـدرات ، والأحمـاض الأمينيـة ، والمركـبات الكيماوية ؛ حيث تفقد الورقة حـوالى ٢٥ ٪ مـن وزنـها الأصلى خلال ٢٤ – ٤٨ ساعة .

وتنمو على أوراق الأشـجار عديـد من الفطريات الأرضية ، والتى يطلق عليـها اسـم " فطـريات سطـوح الأوراق phyllosphere " خاصـة تـلك التابعـة للأجناس *Cladosporium* ، و *Alternaria* ، و *Epicoccum* ، و *Aureobasidium*، وغيرها ؛ حيث تبقى هذه الفطريات الأرضية بالبيئة المائية لفترة ، ثم تختفى تدريجيـا ويحل محلها الفطريات المائية .

وبمجرد تـساقط أوراق الأشجار على سطح مياه النـهر أو البحـيرة ، تهاجمـها وحدات الفطريات المائية ، والتى يصل تركيزها إلى حوالى ألف جرثومة لكل لتر مـن

الماء . وبعد أسابيع قليلة تصبح الورقة مغطاة – بطريقـــة عشوائيـــة – بمســـتعمرات الفطريات المائية الهيفية .

ويظهر على هذه الأوراق – فى مبدأ الأمر – عدد محدود من العشائر الفطريـــــة ، وربما يـــكون ذلك رجعا إلى المنافسة بين الأنواع المختلفة مـــن الفطريـــات المائيـــة وبعضها البعض ، وأيضا نتيجة مهاجمة البكتيريا المائية للأوراق الطافية على ســـطح الماء .

وتشغل الفطريات المائية فى هذه المرحلة المبكرة ٦٣ – ٩٥ ٪ من حجـــم عشـــائر الأحياء الدقيقة المشتركة فى تحليل أوراق الأشجار ، بينما تلعب البكتيريا المائيـــة دورا محدودا فى هذه المرحلة المبكرة ، إلا أن هذا الدور يزداد تدريجيا مع تقـــدم الوقـــت ، ومع زيادة معدل تحليل الأوراق .

وتفضل بعض الفطريات الهيفية مهاجمة أنواع معينـــة مـــن أوراق الأشجـــار دون الأخرى ، وربما يرجع ذلك إلى الاحتياجات الغذائية لها ، أو إلى التركيب التشريحـــى لأوراق الأشجار ؛ مثال ذلك : ســـمك الكيوتكل ، وطبقة الإبيدرمـــس ، أو إلـــى أيـــة صفات تشريحية أخـــرى ؛ مثل وجود نسيج سكلرانشيمى ، أو أنسجة ملجننة ، وغير ذلك . كما يلعب المحتوى الكيميائى للأوراق دورا فى هذا التفضيل ؛ مثال ذلك وجـــود بعض المواد المثبطة لنمو بعض الفطريات المائية ؛ كالفينولات .

وعلى ســـبيل المـــثال ، يفضـــل الفطـــر *Tetracladium marchaliamm* شكل (٣ – ١٩ – a) النمو على أوراق أشـــجار الجـــــوزية (*Carya glabra*) عـــن النمو على أوراق البلوط (*Quercus alba*) الطافية على مياه النـــهر خـــلال شـــهر أغسطس ، بينما يظهر الفطر *Triscelophorus monosporus* عكس ذلك .

وعلى هذا النحو ينتشر الفطـــر *Tetracladium marchaliamm* علـــى الأوراق الطافية على سطح الماء لشجر جار الماء *Alnus glutinosa* – وهو نوع من الأشجار ينمو على شاطئ المجارى المائية .

بينما لا يظهر هذا الفطر على أوراق شجر الزان (*Fagus sylvatica*) . ويرجـــع ذلك إلى أن معدل نمو الفطر على أوراق شجر الزان يكـــون بطيئـــا للغايـــة ؛ نظـــرا لانخفاض نشاط إنزيمات تحليل البروتين protease . ومن المحتمل أن تقـــوم بعـــض المثبطات – كالفينولات – المرتبطة ببروتينات الورقة بتثبيط التمثيـــل الغذائـــى لـــهذا

الفطر ؛ مما يعمل على تقليل الاستفادة من بروتينات الأوراق ؛ نتيجة تثبيط النشاط الانزيمى .

كما وجد – أيضا – أن الفطر *Alatospora acuminata* يفضل النمو على أوراق أشجار السنط Acacia الطافية على سطح مياه الأنهار .

ولقد اعتقد كثير من الباحثين أن أوراق الأشجار المتساقطة والطافية على سطح مياه الأنهار والبحيرات فقيرة فى محتواها الغذائى بالنسبة إلى الفطريات الهيفية المائية ، غير أن الدراسات الحديثة أوضحت أن هذه الفطريات تستطيع النمو جيدا على أوراق الأشجار الطافية ، ولكن بعد فترة من وجودها فى مياه النهر . ويتعرض الكيوتكل وخلايا البشرة لغزو الفطريات الهيفية المائية ، ويزداد الغزو كلما زادت فترة وجود أوراق الأشجار الطافية على سطح ماء النهر .

وكذلك الحال فى الأخشاب الطافية على سطح مياه الأنهار ؛ فهى تختلف فى أحجامها من الفروع الصغيرة إلى الجذوع الضخمة ؛ حيث تتعرض إلى نمو الفطريات المائية عليها . وتتشابه العشائر الفطرية النامية على هذه الأخشاب الطافية مع تلك النامية على أوراق الأشجار الطافية ، ولكنها ليست متطابقة .

وتتميز الأخشاب الطافية بأنها مقاومة للتحلل الفطرى لفترة طويلة فى مياه النهر ، قد تصل – فى الكتل الخشبية الضخمة – إلى عدة سنوات ، بينما تتحلل أوراق الأشجار التى تطفو فوق سطح الماء خلال أسابيع قليلة ؛ وعلى ذلك يمكن اعتبار كتل الأخشاب الطافية مصدرا غذائيا دائما للفطريات المائية ، وخاصة فى الفترات التى تختفى فيها أوراق الأشجار بعد تحللها فى نهاية فصل الخريف . كما تعتبر جذور الأشجار النامية على ضفاف الأنهار أحد مصادر الغذاء الإضافية لعشائر الفطريات المائية .

وتلعب الأخشاب الطافية فوق سطح مياه الأنهار دورا اخر لا يقل أهمية عما سبق ؛ حيث يتكون عليها الأطوار الكاملة (الجنسية) للفطريات الهيفية المائية ، إلا أن ذلك متاح لتلك الفطريات القادرة على تحليل سيليلوز ولجنين الخشب ، كما يمكن لبعض الفطريات الهيفية المائية الأخرى التى لا تنمو – عادة – على أوراق الأشجار الطافية النمو على قطع الأخشاب الطافية وتكون جراثيمها عليها ؛ مثال ذلك الفطر *Anguicrassa* .

ومن ناحية أخرى أظهرت بعض الدراسات وجود تتابع فى ظهور الأجسام الثمرية للفطريات المائية على أوراق الأشجار الطافية فوق سطح مياه الأنهار ؛ حيث يتحكم فى ذلك مجموعة من العوامل ، مثل نوع أوراق الأشجار ، والوقت من السنة الذى يعكس درجات الحرارة السائدة ، وأيضا نوع الجراثيم المنتشرة فى مياه النهر خلال ذلك الوقت .

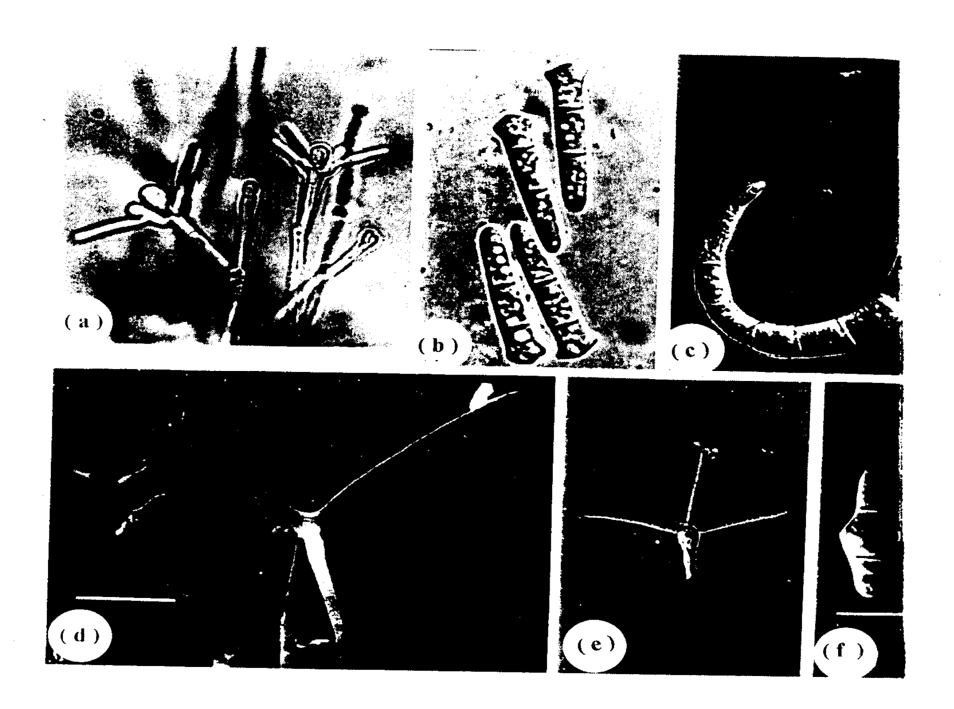
وبالنسبة إلى أوراق الأشجار السريعة التحلل – التى تهضمها الحيوانات اللافقارية مثل أوراق أشجار جار الماء alder – فإنه من الصعب تتابع التغيرات التى تحدث فى عشائر الفطريات المائية ؛ إن قورنت بتلك التى تحدث فى الأوراق البطيئة التحلل ؛ مثل أوراق شجر البلوط .

ويتتابع ظهور العشائر الفطرية على أوراق الأشجار الطافية على سطح مياه الأنهار فمثلا تظهر الفطريات المائية *Flagellospora curvula*، و *Lemonniera aquatica*، و *Alatospora acuminata* على أوراق أشجار البلوط والجوزية مبكرا ، ثم يظهر بعدها الفطريات المائية : *Heliscella stellata*، و *Clavatospora longibrachiata*، و *Goniopila monticala* .

ولقد أوضح عديد من الباحثين – مثل Chamier (1983) – أن وصول وحدات فطرية لأنواع مختلفة من الفطريات المائية إلى الأوراق الطافية فوق مياه النهر . ونموها مكونة عشائر فطرية مختلفة ، وسيادة أحد الأنواع الفطرية على سائر الأنواع الأخرى .. هى العوامل المحددة لتوزيع وتتابع هذه الفطريات خلال مراحل تحلل أوراق الأشجار ، وهذه العوامل السابقة تتأثر بعوامل البيئة المحيطة ، والمنافسة بين هذه الفطريات بعضها وبعض .

وفى دراسة قام بها Shearer & Zare-Maivan (1988) للتعرف على معدل نمو عديد من الفطريات المائية وقدرة بعضها على تضاد البعض الآخر ، وجد أن الأنواع السريعة النمو يمكنها تثبيط الأنواع البطيئة النمو ، وقد عزى ذلك إلى تنافس هذه الأنواع على الغذاء .

ومن الفطريات المائية الهيفية ذات القدرة العالية على التضاد الفطر *Clavariopsis aquatica* ؛ الذى استطاع تثبيط نمو ٢٣ نوعا مختلفا من الفطريات المائية ، وأيضا وجد أن الفطرين *Tetracladium marchalianum* ، و *Anguillospora gigantea* استطاعا تثبيط ١٦ نوعا مختلفا من الفطريات المائية .



شكل (٣ - ١٩) : بعض الفطريات المائية

a = *Tetracladium marchalianum* b = *Heliscus lugdunensis* .
c = *Anguillospora crassa*
d = *Lemonniera aquatica* حامل كونيدى وخليتين مولدتان للكونيديات (phialides)
f = *Tumularia aquatica* . e = *Clavariopsis aquaticai* .
طول الخط الأبيض فى الصور d = ١٠ ميكرونات ، e = ٢٠ ميكرونا ، a . b . c = ٨٠ ميكرونا.

وتفسر مثل هذه النتائج تتابع ظهور الفطريات المائية على أوراق الأشجار وكتل الأخشاب الطافية فوق سطح مياه الأنهار ؛ وذلك على أساس اختلاف قدرة هذه الفطريات على تحليل المواد اللجنينية الصعبة التحلل خلال مدة طويلة ، وأيضا إلى إفراز بعض هذه الفطريات لمواد مضادة لنمو غيرها من الفطريات المائية الأخرى . ويظهر هذا التتابع واضحا على الأجزاء النباتية البطيئة التحلل ، بعكس تلك السريعة التحلل .

ولقد درس Fisher & Anson (1983) نمو الفطر المائى *Massarina aquatica* على جذور الأشجار النامية على شواطئ الأنهار وعلى الأخشاب وأوراق الأشجار الطافية على سطح مياه النهر ؛ حيث وجد الباحثان أن هذا الفطر يكون طورا أسكيا على صورة أجسام ثمرية ؛ وهو الفطر *Tumularia aquatica* التابع لمجموعة Loculoascomycetes .

وعند دراسة قدرة الطور الناقص *M. aquatica* على تثبيط إنبات جراثيم الفطريات المائية الأخرى ونموها ، وجد أنه عند وضع قطعة خشب تحتوى على هذا الفطر على سطح بيئة الأجار المائى ، ينساب منها مواد مثبطة إلى سطح البيئة ؛ تسبب تثبيط إنبات الجراثيم الهدبية للفطر *Tricladium giganteum* ، وأيضا توقف النمو الميسليومى له . وتدل هذه النتائج على أن الفطر *M. aquatica* ذو قدرة عالية على إنتاج واحد أو أكثر من المواد ذات القدرة على التضاد الحيوى للفطريات الأخرى antifungal antibiotics .

سابعا - التوزيع الجغرافى والموسمى للفطريات المائية :

اهتم عديد من الباحثين بدراسة تركيز جراثيم الفطريات فى مياه الأنهار خلال فصول السنة المختلفة ؛ حيث لوحظت زيادة أعدادها فى موسم تساقط أوراق الأشجار (مثل فصل الخريف فى الأشجار المتساقطة الأوراق) ؛ حيث وجد أن كل جرام مادة جافة من أوراق الأشجار يمكنه إضافة ١٤٠ ألف جرثومة إلى ماء النهر . هذه الجراثيم المضافة - وكذلك الهيفات - لفطريات أرضية تنمو على سطوح الأوراق ؛ مكونة عشيرة فطرية يطلق عليها اسم " فطريات الفيللوسفير " .

وعندما تصل هذه الفطريات إلى الوسط المائى ، فإنها تهاجم بعديد من الحيوانات المائية الأولية ، والتى تعمل على تحليلها وتحليل أنسجة الأوراق نفسها ، ويشترك فى

هذا التحليل الفطريات المائية . ويؤدى ذلك إلى انخفاض أعداد فطريات الفيللوسفير من على سطوح الأوراق بدرجة كبيرة.

وتلعب درجة حرارة الماء دورا كبيرا فى تحديـــد أنواع العشائر الفطريـــة الســـائدة على أوراق الأشجار وجذوع الخشب الطافية على سطح ماء النهر ؛ فعنـــد دفئ الجـــو – خلال شهور الصيف – تظهر الفطريات المائية : *Flagellospora penicillioides*، و *Lunulospora curvula* ، و *Heliscus tentaculus* ، و *Triscelophorus monosporus* ، بينما تظهر تحت ظروف برودة الجو – فى شهور الشتاء – الفطريات المائية : *Lemonniera aquatica* ، و *Flagellospora curvula* .

وتؤثر درجات الحرارة على جميع مراحل نمو الفطريات المائية ، بداية من إنبـــات الجراثيم ومهاجمة الأوراق والأخشاب الطافية على سطح ماء النهر ، حتى نمو الهيفات الفطرية عليها وتكوين الجراثيم بعد ذلك .

وتتميز بعض الأنهار بثبات درجة حرارة مياهها ؛ كما هو الحال فـــى نـــهر ســـان ماركوس San Marcos river بولاية تكساس بالولايات المتحدة ، والتى تكون درجـــة حرارتة ٢٢ ± ١°م طوال العام . وفى مثل هذه الظروف تنتشـــــر بعـــض الفطريـــات المائيـــة ؛ مثل : *Triscelophorus monosporus* ، و *Lunulospora curvula* .

وعلى العكس من ذلك ، فهناك أنـــهار ذات درجة حرارة منخفضةٍ ثابتةٍ فى الشتاء (٠,١°م) ؛ مثل نهر نياكا جوك Njakajokk فى السويد ؛ حيث يُغَطّى ســـــطح ميـــاه النهر بطبقـــةٍ من الجليـــد فى الفتـــرة من نهايـــة شهـــر أكتوبـــر حتى شهر مـــــايو . وتحـــت هـــذه الظروف البيئية تسود العشائر الفطرية لثلاثة أنواع مـــــن الفطـــــريات المائيـــــة هـــــى : *Lemonniera aquatica* ، و *Flagellospora curvula* ، و *Alatospora acuminata* .

ولقد درس النواوى عام ١٩٨٥ توزيع الفطريات المائية المنتشرة فى أنهار المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية ؛ حيث ذكر ٢٥ نوعاً مختلفاً من الفطريات المنتشرة فـــى أنهار ماليزيا ؛ أهمها : *Brachiosphaera tropicalis* ، و *Heliscus tentaculus* ، و *Campylospora chaetocladia* ، و *Flagellospora penicillioides* .

كما درس (Chauvet (1991 توزيع جراثيم الفطريات الهيفيـــة المائيـــة فـــى ٢٧ محطة بشمال غربى فرنسا . ولقد أخذ الباحث عيناتٍ من المواد العضوية الطافية فوق

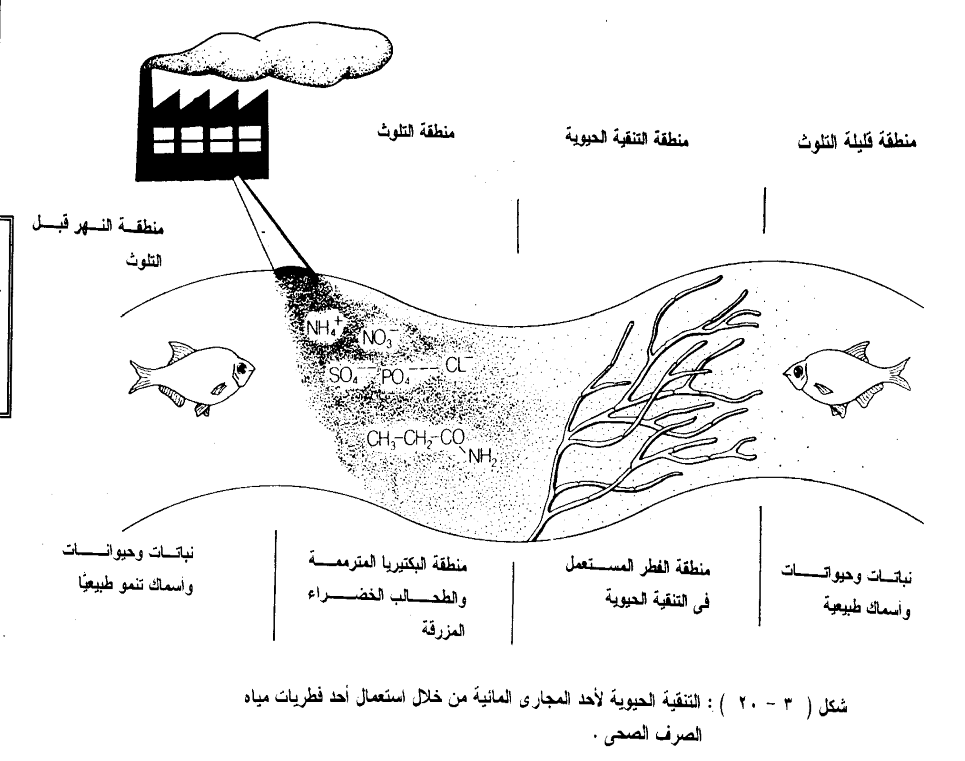
سطح الماء فى فتراتٍ متباعدةٍ خلال سنةٍ كاملةٍ ، وقدر رقم حموضة الماء فى كل عينةٍ؛ حيث تراوح بين ٥ و ٨,٥ ، كما تراوحت درجة حرارة الماء بين ٢°م و ٢٠°م خلال السنة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة سيادة بعض العشائر الفطرية المائية تحت ظروف ارتفاع رقم الحموضة والحرارة ؛ مثال ذلك الفطريات المائية : *Heliscus tentaculus* ، و *Campylospora chaetocladia* ، و *Triscelophorus monosporus* ، و *Lunulospora curvula* ، بينما ظهر نوعان من الفطريات المائية تحت ظروف المياه ذات رقم الحموضة المنخفضة فى فصل الخريف ؛ وهذان النوعان هما : *Clavatospora longibrachiata* ، و *Tetrachaetum elegans* .

وتوضح الدراسات السابقة - وغيرها - العوامل المحددة لنظام البيئى للنهر ، والذى يتدفق فى مساره من مناطق عالية إلى أخرى منخفضةٍ ؛ مخترقاً فى مساره مناطق ذات غطاءٍ نباتىٍّ مختلفٍ من أشجار متساقطة الأوراق أو دائمة الخضرة . كما تتغير طبيعة مياه النهر وتركيبها الكيمائى ؛ مثل : رقم الحموضة ، ومعدل ذوبان الأملاح ، ونسبة الأكسوجين الذائب والمواد العضوية
المغمورة أو الطافية على سطحه ، وكذلك معدل

ومن ناحيةٍ أخرى يؤدى مرور النهر خلال الأراضى الزراعية إلى تلوث مياهه بالمخصبات الزراعية أو المبيدات المستخدمة فى مقاومة الافات الزراعية والحشائش الضارة . وأيضا عند مرور النهر خلال المناطق السكنية أو الصناعية ، فإن ذلك قد يؤدى إلى تلوثه بمخلفات الصرف الصحى أو المخلفات الصناعية ، والتى تؤثر - بطبيعة الحال - على عشائر الفطريات المائية فيه .

ومع زيادة مشاكل تلوث البيئة من حولنا - بصفةٍ عامةٍ - وبخاصة تلوث مياه الأنهار بالمخلفات الصناعية ، تظهر بارقة أمل فى إمكان استخدام بعض الكائنات الحية الدقيقة لتطهير الأنهار حيويًّا ؛ ففى مثل هذه الأنهار الملوثة تسود العشائر البكتيرية على غيرها من عشائر الكائنات الحية الدقيقة المائية الأخرى . وعادة ما تستخدم بعض الفطريات المائية لإعادة بيئة النهر إلى ما كانت عليه ؛ حيث يلزم ذلك زيادة عشيرتها فى ماء النهر ، بعد انخفاضها نتيجة التلوث (شكل ٣ - ٢٠) .



شكل (٣ - ٢٠) : التنقية الحيوية لأحد المجارى المائية من خلال استعمال أحد فطريات مياه الصرف الصحى .

ومن الفطريات التى يمكنها البقاء والنمو والتكاثر فى هذه الظروف البيئية الصعبة الفطر *Leptomitus lacteus* ذو القدرة الكبيرة على هدم المركبات السامة المسببة لتلوث مياه النهر . ويحلل هذا الفطر المركبات العضوية النتروجينية ذات الوزن الجزئى الكبير ، ويستخدمها كمصدر غذائى ؛ مما يقلل من تركيزها فى مياه النهر . وعند انتشار هيفات هذا الفطر فى مياه النهر ، تزداد قدرته على تحليل هذه المركبات السامة ويقل التلوث ، ويبدأ الفطر فى تكوين أجسامه الثمرية ؛ ويعد هذا دليلا على انخفاض تلوث النهر .

ولقد درس (1992) Barlocher التغيرات الطبيعية والكيميائية والحيوية على طول النظام النهرى ، والتى تؤثر على توزيع وسيادة الكائنات الحية التى تستوطن مياه النهر ومنها الفطريات . ولقد لوحظ سيادة أنواع معينة من الفطريات فى كل منطقة من مناطق النظام النهرى ؛ وذلك تبعا لتأثير العوامل التى سبقت الإشارة إليها .

وقدم الباحثون (1991) Thomas et al نموذجا رياضيا لوصف ديناميكية جراثيم العشائر الفطرية فى جسم ماء النهر المتحرك ؛ حيث ساعد ذلك على حساب نصف عمر العشيرة الفطرية ؛ وذلك بحساب المسافة من النهر التى يصل فيها تركيز جراثيم العشيرة الفطرية إلى النصف . ولقد اختبرت فى هذه الدراسة ثلاث فطريات مائية حسب نصف عمرها ؛ وهى : الفطر *Alatospora acuminata* (نصف عمره ٦٩٠ مترا) ، والفطر *Clavariopsis aquatica* (نصف عمره ٧٨٠ مترا) والفطر *Tetrachaetum elegans* (نصف عمره ٨١٠ مترا) .

كما أوضحت نتائج دراسات عديد من الباحثين صعوبة دراسة تأثير رقم الحموضة pH-value على توزيع ونشاط الفطريات المائية ؛ ويرجع ذلك إلى تداخل تركيز الأيون الهيدروجينى pH ، مع وجود المواد العضوية النباتية والحيوانية فى مياة النهر ، وأيضا على وجود الأملاح المختلفة ودرجة ذوبانها ، خاصة أملاح الكالسيوم والألومنيوم التى يرتبط درجة ذوبانها برقم حموضة الماء .

فعلى سبيل المثال ، عند انخفاض رقم حموضة مياه النهر فى منطقة ما إلى أقل من ٥,٥ ، فإن أيونات الألومنيوم تتحرر فى الماء ، وتصبح سامة لعديد من الفطريات المائية ؛ وهذا يؤثر – بطريقة غير مباشرة – فى العشائر الفطرية ، ويتداخل مع تأثير رقم حموضة ماء النهر عليها .

ومن ناحية أخرى ، يؤثر رقم حموضة مياه النهر على الإنزيمات التى تفرزها الفطريات المائية الهيفية المحللة لأوراق الأشجار والأخشاب الطافية على سطح مياه النهر ؛ مثال ذلك الإنزيمات المحللة للبكتين . وحيث إن كل إنزيم من هذه الإنزيمات يحتاج إلى رقم حموضة مناسب ، فإن كفاءة هذه الفطريات المائية فى تحليل المواد العضوية فى مياه النهر يتأثر برقم حموضته تأثيرا مباشرا .

كما تؤدى زيادة أيونات الكالسيوم فى مياه النهر – وخاصة إن كان رقم حموضتها أكثر من ٦,٥ – إلى زيادة نشاط الإنزيمات المحللة للبكتين فى الفطريات الهيفية المائية؛ مما يسرع من تحلل أوراق الأشجار الطافية على سطح ماء النهر .

وعندما يصل ماء النهر إلى المصب ، فإن محتواه من الكائنات الحية يصل إلى نسبة متدرجة من الملوحة العالية ؛ حيث يكتب البقاء للكائنات الحية التى تتحمل هذا التركيز العالى من الملح فى مياة البحر . ولقد درس Byrne & Jones (1975) إنبات الجراثيم والنمو الميسليومى وتكوين الجراثيم لنوعين من فطريات الماء العذب ؛ هما *Tetracladium setigerum* ، و *Heliscus lugunensis* ؛ وذلك فى مياه البحر المالحة . وقد تمت هذه الدراسة فى المعمل ؛ وذلك باستخدام تخفيفات من مياه البحر فى تجهيز بيئة الأجار ، ثم تم التحضين على درجات حرارة مختلفة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة نجاح الجراثيم الهدبية للفطرين – تحت الدراسة – فى الإنبات والنمو على البيئة المحتوية عليها ماء البحر دون تخفيف (حوالى ٣ ٪ ملح كلوريد صوديوم) ، بينما لم يستطع الفطر *H. lugdunesis* التجرثم حتى تخفيف ٣٠ ٪ من ماء البحر (حوالى ١ ٪ ملحا) ، والفطر *T. setigerum* حتى تخفيف ١٠ ٪ من ماء البحر (حوالى ٠,٣ ٪ ملح) .

وتدل هذه النتائج على أن بعض فطريات المياه العذبة يمكنها تحمل ملوحة مياه البحر ؛ حيث تنبت جراثيمها وتنمو هيفاتها فى مصبات الأنهار القليلة الملوحة ، ولكنها لا تستطيع التكاثر وإنتاج الجراثيم فى هذا الوسط .

ومن ناحية أخرى ، نجد أن الفطريات الهيفية المائية تنمو جيدا فى الأنهار السريعة التدفق ذات المحتوى العالى من الأكسوجين الذائب ، ولكن يقل انتشارها فى المياه الراكدة ، وخاصة تلك المغطاة بطبقة مستديمة من أوراق الأشجار والعوالق الطافية ورغاوى الطين ؛ حيث يعمل ذلك كله على جعل الماء أسفله تحت

ظروف غير هوائية . كما تتصاعد بعض الغازات العضوية ؛ مثـــل غـــاز كـــبريتور الهيدروجين (H_2S) .

ويتباين مدى تحمل الفطريات الهيفية المائية لمثل هذه الظروف اللاهوائية ؛ فمثـــلا يفشل النمو الميسليومى للفطر *Articulospora tetracladia* فى البقاء على قيد الحيـــاة لأكثر من ثلاثة شهور ، بينما تعيش المستعمرات الفطرية للفطريـــن *Anguillospora rosea* ، و *Tricladium splendens* لأكثر من سنة . ويعتبر الفطر *A. tetracladia* شديد الحساسية لغاز كبريتور الهيدروجين ، بعكس الحال فى الفطـــر *T. splendends* الذى يتحمله .

وقد أثبتت دراسات أخرى عديدة أن بعض الفطريات المائية الهيفية تجد طريقها إلى بيئات أخرى تنمو فيها ؛ مثل سطوح الأوراق ، وحول الجذور ، وفى التربة ، ولكـــن ليس معنى عزل جراثيم هذه الفطريات من تلك البيئات المختلفـــة أن هـــذه الفطريـــات موجودة بصـــورة نشطة وفعـــالة . إلا أن بعض هـــذه الفطريـــات تكـــون أطوارهـــا الكاملة (جراثيم أســـكية أو بازيـــدية) على هذه البيئات الجـــديـــدة ؛ ممـــا يجعلـــها تنتشـــر بالهواء ويتزايـــد وجـــودها ، ويطـــلق عليـــها – حـــينئذ – " فطـــريات برمائية amphibious fungi " .

وهناك عديد من الحيوانات المائية الأولية ويرقات الحشرات المائية وغيرهـــا مـــن الحيوانات اللافقارية المائية التى تهاجم أوراق الأشجار المحللة بفعل الفطريات المائية ، أكثر من مهاجمتها للأوراق غير المحللة ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلـــى أن الفطريـــات المائية تؤثر على أوراق الأشجار – خلال تحللها – طبيعيا وكيميائيا ؛ حيث تبدو أنسجة الأوراق متفككة ولينة نتيجة النشاط التحليلى للإنزيمات الفطرية ، ويطلق علـــى هـــذه التغيرات الطبيعية والكيمائية لأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء بفعل الفطريـــات اسم " التكيف Conditioning " .

كما تعمل الحيوانات المائية الأولية وغيرها من يرقات الحشرات المائية والحيوانات اللافقارية على زيادة تحليل أوراق الأشجار فى مياه النهر . وهناك عديد من الأســـباب التى تفسر تفضيل الحيوانات المائية اللافقارية للتغذية على أوراق الأشجار التى تنمـــو عليها الفطريات المائيـــة (الأوراق المكيفـــة conditioned leaves) عـــن الأوراق السليمة.

ويعتبر أهم هذه الأسباب عدم قدرة معظم هـذه الحيوانـات المائيـة علـى إفـراز الإنزيمات المحللة للمركبات النباتية المعقدة كالسيليلوز واللجنين ، والتى تتحلـل بفعـل الإنزيمات الفطرية إلى مركبات يسهل لهذه الحيوانات هضمها . وبالإضافة إلـى مـا سـبق ، يلاحظ أن النمو الفطرى على أوراق الأشجار الطافية على سـطح المـاء – الفقيرة غالبا فى محتواها من البروتينات والدهون – يعمل على تعويض هذا النقـص ؛ نتيجة وجود هذه المواد الهامة فى الميسليوم الفطرى ، والذى يكون – مـع الأنسـجة النباتية المتحللة – وجبة متكاملة لهذه الحيوانات المائية اللافقارية .

ولهذه الأسباب السابقة نجد أن نمو الحيوانـات المائيـة اللافقاريـة علـى الأوراق المتحللة بفعل الفطريات المائية يتزايد ؛ مما يزيد من نسبة المواد العضوية المتحللة فى مياه النهر ، والتى تصبح فى متناول الكائنات المائية الأخرى كالأسماك ، حيث تصبـح الأخيرة غذاء للإنسان بعد ذلك .

ثامنا ـ المراجع References :

Barlocher, F. (1992) . Recent developments in stream ecology in their relevance to aquatic mycology of aquatic hyphomycetes. (ed. F. Barlocher) . Springer-Verlag. Berlin. pp. 6 - 37 .

Barghoom. E. S. and D. H. Linder (1944) . Marine fungi-their taxonomy and biology. Farlowia Journal of Cryptogamic Batony. 1 : 395 - 467 .

Byrne. P. J. and E. B. G. Jones (1975 a) . Effect of salinity on spore germination of terrestrial and marine fungi. Transaction of the Britich mycological Society. 64 : 497 - 503 .

Byrne. P. J. and E. B. G. Jones (1975 b) . Effect of salinity on the reproduction of terrestrial and marine fungi. Transaction of the Britich mycological Society. 65 : 185 - 200 .

Boyd. P. E. and J. Kohlmeyer (1982) . The influence of temperature on the seasonal and geographical distribution of three marine fungi. Mycologia. 74 : 894 - 902 .

Canter. H. M. and G. H. M. Jaworski (1980) . Some general observations of the zoospoes of the chytrid *Rhizophydium plaktonicum* Canter emend. New Phytologist. 84 : 515 - 531 .

Canter. H. M. and G. H. M. Jaworski (1981) . The effect of light and darkness upon infection of *Asterionella formosa* Hassal by chytrid *Rizophydium planktonicum* Canter emed. Annals of Botany. London N. S.. 47 : 13 - 30 .

Chamier, A. C. ; P. A. Dixon and S. A. Arther (1983). The spatial distribution of fungi on decomposing alder leaves in a freshwater stream. Oecologia, 64 : 92 - 103.

Chauvet, E. (1991) . Aquatic hyphomycetes distribution in Sauth-Western France. Journal of Biogegraphy, 18 : 699 - 706 .

Clipson, N. J. W. and D. H. Jennigs (1992) . *Dendryphiella salina* and *Debaryomyces hansenii* , models for ecophysiological adaptaion to salinity by fungi which grow in the sea. Canadian Journal of Botany, 70 : 2097 - 2105 .

Clipson, N. and P. Hooley (1995) . Salt tolerance strategies in marine fungi. Mycologist, 9 (1) : 3 - 5 .

Dick, M. W. (1989) . Phylm Oomycetes, in Handbook of Prototista, (eds. L. Margulis ; J. D. Corliss, M. Melkonian and D. J. Chapman) . Jones and Bartlet, Boston, pp. 661 - 685 .

Dix, N. J. and J. Webester (1995) . Fungal ecology (Chapman & Hall Pub.) Cambridge England .

Doguet, G. (1964) . Influence de la temperature et de la salinite sur la croissance et la fertilite du *Digitatespora marina* Dogute. Bulletin de la Societe Francaise de Physiologie Vegetale, 10 : 285 - 292 .

Dowman, E. A. (1970) . Conservation in field archaeology. Methouen Co. London, 170 p.

El-Nawawi, A. (1985) . Aquatic hyphomycetes and other water borne fungi from Malaysia. Malayan Nature Journal, 39 : 75 - 134 .

Fenchel, F. (1972) . Aspects of decomposer food chains in marine benthos. Verhandlingen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, 65 : 14 - 23 .

Fisher, P. J. and A. E. Anson (1983) . Antifungal effects of *Massarina aquarica* growing on oak wood. Transaction of the British mycological Society, 81 : 523 - 527 .

Flynn, A. O. and P. Curran (1994). New British records (*Ocastaspora opilongissima*). Mycologist, 8 (3) : 105 - 106 .

Hudson, H. J. (1986) . Funal biology. 4-Fungi as inhabitant of aquatic environments. pp. 110 - 145 - (Edward Arnold Pub.) London. England .

Hughes, G. C. (1974) . Geographical distribution of the higher marine fungi Veroffltichen des Instituts fur Meeresforchung in Bremerhaven. Supplement. 5 - 419.

Jones, E. B. G. (1988) . Do fungi occur in the Sea.? the Mycologist. 2 (4) : 150 - 157.

Jones, E. B. G. ; R. G. Johnson and S. T. Moss (1983) . *Ocostaspora apilongissima* gen. et sp. nov. A new marine pyrenomycete from wood. Botanica Marina, 26 : 353 - 360 .

Koch. J. (1974) . Marine fungi on drift wood from west coast of Jutland. Friesia. 10 : 208 - 250 .

Kirk. P. W. (1980) . The mycostatic effect of seawater on spores of terrestrial and marine higher fungi. Botonica Marina. 23 : 233 - 238 .

Kohlmeyer. J. (1986) . *Ascocratera manglicala* gen. et sp. no. and key to the marine Loculoascomycetes on mangroves. Cnadian Journal of Botany. 64 : 3036 - 3042 .

Kohlmeyer. J. and T. Mchales (1981) . Sclerocarps : undescribed propagules in a sand - inhabiting marine fungus. Canadian Journal of Botany. 9 : 1787 - 1791 .

Kohlmeyer. J. and B. Volkmann - Kohlmeyer (1989) . New species of koralionastes (Ascomycotina) from the Caribbean and Australia. Candian Journal of Botany. 68 : 1554 - 1559 .

Lund. A. (1934) . Studies on danish freshwater Phycomycetes and notes on their occurrence. Kongelige Danska Videnskabernes Selskabs Skrifter. 9 : 1 - 98 .

Mouzouras. R. (1986) . Patterns of timber decay caused by marine fungi in : The biology of marine fungi (Ed. S. T. Moss) . pp. 341 - 353 Cambridge Univ. Press. Cambridge .

Meyers. S. P. and J. Simms (1965) . Thalassiomycetes VI. Comparative growth studies of *Linda thalassiae* and lignicolous as oomycete species. Canadian Journal of Botany. 43 : 379 - 392 .

Park. D. (1972) . Methods of detecting fungi in organic detritus in water. Transaction of the Britich mycological Society. 58 : 281 - 290 .

Proter. D. (1989) . Phylum labyrinthomycota in handbook of prototista. (eds. L. Marqulis. J. O. Corliss. M. Melkomian and D. J. Chapman) . Jones and Bartlett. Boston pp. 388 - 398 .

Ress. G. (1980) . Factros affecting the sedimentation rate of marine fungal spores. Botanica Marina. 23 : 375 - 385 .

Rohrmann. S. and H. P. Molitoris (1986) . Morphological and physiological adaptation of the cyphellaceous fungus *Halocyphina villosa* (Aphyllophorales) to its marine habitat. Botanica Marina. 29 : 539 - 547 .

Suberkropp. K. and M. J. Klug (1981) . Degradation of leaf litter by aquatic hyphomycetes. in The Fungal Community. its organisation and role in the ecosystem (Wicklow. D. T. and Carrol . G. C. eds) . pp. 761 - 766 . Marcel de kker. New York.

Shearer. C. A. and H. Zare-Maivan (1988) . *In vitro* hyphal interactions among wood-and leaf-inhabiting ascomycetes and fungi-imperfecti from freshwater habitas. Mycologia. 80 : 31 - 37 .

Smith. S. N. ; E. Ince and R. A. Armstrong (1990) . Effect of osmatic and matric potential on *Saprolegnia diclina*. Mycological Research. 94 : 71 - 77 .

Thomas. K. : G. A. Chilvers and R. H. Norris (1991 a) . Changes in the concentration of aquatic hyphomycetes spore in less Greek. Act. Australia. Mycological Research. 95 : 178 - 183 .

Thomas. K. : G. A. Chilvers and R. H. Norris (1991 b) . A dynamic model of fungal spora in a freshwater system. Mycological Research. 95 : 184 - 188 .

Willoughby. L. G. (1962) .The occurrence and distribution of reproductive spores of Saprolegniales in fresh water. Journal of Ecology. 50 ; 733 - 759 .

Walker. D. C. : G. C. Hunghes and T. Bisalputra (1979) . A new interpretation of the interjauial zoome between *Spathulospora* (Ascomycetes) and *Ballia* (Fluoridea phyceace) . Trans Br. mycol. Soc.. 73 : 193 - 206

الباب الرابع



الفطريات الأرضية

الباب الرابع
الفطريات الأرضية

Terrestrial Fungi

أولاً - نشأة الفطريات الأرضية :

ظهرت اليابسة متكونة من أحجار بركانية مع بداية نشأة الأرض ، وكان أول ظهورها من ناحية القطب الشمالى ، حيث كان سطحها - حينذاك - يشابه سطح القمر كما نراه الآن .

ولقد أطلق على اليابسة فى هذه المرحلة اسم النطاق الصخرى Litho-Ecosphere تمييزاً لها عن النطاق المائى Hydro-Ecosphere الذى كان يتكون من محيط واحد عظيم الاتساع يشغل حوالى ثلثى كوكبنا الذى نعيش عليه .

ويتكون النطاق الصخرى لسطح الأرض من ثلاثة أنواع من الصخور ، الصخور البركانية (النارية) igneous rocks ، والصخور الرسوبية sedimentary rocks والصخور المتحولة metamorphic rocks .

وترجع نشأة الصخور البركانية إلى بداية تكوين اليابسة ، نتيجة تصلب الحمم البركانية المنصهرة ، مكونة كتلا صخرية صلبة . ومن أمثلة هذه الصخور : الجرانيت granite والبازلت basalt والديوريت diorite ، حيث تتكون هذه الصخور من بعض المعادن الأساسية مثل الكوانز quartz والفيلسبار felspars والميكا mica والأوجيت augite .

ولقد تعرضت الصخور البركانية لعوامل التعرية ، ثم أعيد ترسيبها فى طبقات مكونة صخوراً رسوبية ، فعلى سبيل المثال يعتبر الصخر الرملى sand stone صخر رسوبيًا متكونا من رمال الكوارتز ، بينما يتكون الطفل shale من صلصال أو

طين . ومن الصخور الرسوبية الأخرى الحجـــر الجـــيرى lime stone والدلوميـــت dolomite .

وتختلف الصخور الرسوبيـــة فيما بينها من ناحية محتوياتها الكيميائية طبقـــا لنـــوع الصخر الأصلى (البركانـــى) الذى تكونت منـــه ، كمـــا يمكـــن لهـــذه الصخـــور الرسوبية أن تتعرض هى الأخرى إلى عوامل التعرية – شأنها فى ذلك شأن الصخـــور البركانية – ؛ حيث يؤدى ذلك إلى تكوين كتل صخرية صغيرة rock rubble تســـتمر فى التفتت ؛ مكونة حبيبات صغيرة الحجم مفككة ، تكون ما يمكن أن يطلق عليه اســـم التربة soil .

وتتكون التربـــة من حبيبات مختـــلفة الأحجام ، حـــيث يحدد حجم هذه الحبيبـــات نـــوع التربة وقوامها وخصائصها الطبيعيـــة . فعلى ســـبيل المثال ، تكـــون التربـــة رمليـــة أو حصويـــة إذا زادت أقـــطار حبيباتها عن ٥٠ ميـــكرونا ، بينمـــا يـــتراوح حجم حبيبات السلت بين ميـــكرونين و ٥٠ ميـــكرونا ، ويقـــل قطـــر حبيبـــات الطين عن ميكرونين .

وتتكون الصخـــور المتحولـــة metamorphic rocks عـــن تحـــول الصخـــور الأخـــرى (البركانية والرسوبية) عند تعرضها للضغوط العالية والحرارة المرتفعـــة ، حيث يؤدى ذلك إلى تغير هذه الصخور فى صفاتها الطبيعية . فعلى ســـبيل المثـــال ، يتحول صخر النايس – وهو صخر صوانى يتكون من بلورات صغيرة – إلى صخـــر الشيست – وهو صخر متبلور سهل الانفلاق إلى طبقات – ، ويتحول الصخر الرملـــى إلى صخر الجوارتزيت quartzite ، ويتحول الطفـــل الصفائحى shale إلـــى حجـــر الاردواز slate، بينما يتحول الحجر الجيرى إلى رخام .

ويوفر سطح هذه الصخور بكافة أنواعها (نارية – رسوبية – متحولـــة) وكذلـــك الحبيبات المفككة – الناتجة من عوامل التعرية على شواطئ اليابسة – بيئـــة مناســـبة للكائنات الحية الدقيقـــة مثل البكتريا ، والطحالب ، والفطريات ، والأشنيات، وغيرها – ذات النشأة البحرية فى المحيط الأعظم عند بدء الخليقة ، والتى تقاذفتها الأمـــواج إلـــى شواطئ اليابسة فى ذلك العصر السحيق .

ويعتقد أنه مرت ملايين السنين حتى استطاعت هذه الأحياء الدقيقة التأقلم على بيئة المياه الضحلة بالقـــرب من شواطئ المحيط الأعظم ، وفى خلجـــان الميـــاه الضحلـــ

الناتجة عن ملء الأودية المنخفضة القريبة من الشاطئ بمياه المحيط . وبعـــد مـــرور أجيالٍ لا حصر لها استطاعت بعض هذه الأحياء الدقيقة النمو تحـــت هـــذه الظـــروف القاسية ، في بداية عهدها للنمو على اليابسة .

وعلى طول شواطئ المحيط الأعظم الصخرية ، وطّنت أعداد وفيرة من عشـــائر السيانوباكتريا cyanobacteria والطحالب والفطريات الأوليـــة نفســـها علـــى النمـــو والتكاثر في هذه البيئة الصعبة . واستمرت هذه الأحياء الدقيقة في التقدم لغزو اليابســـة على طول ساحل المحيط الأعظم ، يساعدها على ذلك حركـــة الأمـــواج ، وطرطشـــة الماء، وسقوط الأمطار .

ولقد وجدت العديـــد من عشائر هذه الأحياء الدقيقة على سطوح الصخور الأرضية، وفي الفوالق والشقوق بين الصخـــور – خاصة تلك التي يتجمع فيها المـــاء – وأيضـــاً على الحبيبات المفككـــة التي كونت التربة فيما بعد ، بيئة مناســـبة لـــها ، اســـتطاعت خلالها إذابة أملاح السليكات وغيرها من الأملاح المكونة لهذه الصخور ، عن طريـــق إفراز أحماض عضوية ومواد مخلبية (Silverman & Munoz, 1970) .

وعاشت هذه الأحياء الدقيقة في عشائر متداخلة ، استطاع بعضـــها الاســـتفادة مـــن ضوء الشمس عن طريق الصبغات الأولية الممثلة للضوء ، بينما عاش البعض الاخـــر مستفيداً أو متعايشاً ، وفي بعض الأحيان متطفلاً على هذه الكائنـــات الأوليـــة الذاتيـــة التغذية .

وأدى هذا السلوك التعاوني بين الأحياء الدقيقة بعضها وبعض – ومنها الفطريـــات بطبيعـــة الحال – من توطيد نفسها على الحياة في هذه البيئة الأرضية الجديدة . كمـــا لعبت الأمطار دوراً هاماً في استمرار وجود وانتشار الأحياء الدقيقة على اليابسة ، بـــل وتطورها إلى نباتات أكثر رقيًا وأعقد تركيباً ، وكان انتشار هذه الفطريات – حينذاك – مولداً لما نطلق عليه الآن اسم الفطريات الأرضية (فطريات اليابســـة) Terrestrial fungi (terricolous fungi) .

ولقد وفر نمو النباتات الأولية المادة العضويـــة اللازمـــة لنمـــو هـــذه الفطريـــات الأرضيـــة ، كما عملت هذه الفطريات على تحليل المخلفات العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة تصلح للامتصاص بواسطة جذور هذه النباتات الأولية . وأدى ذلك إلى وجـــود نوع من التعايش بين هذه النباتات الأولية وما يعيش حولها من الأحياء الدقيقة ، ومنـــها

الفطريات التى زاد نموها فى تربة الأرض زيادة كبيرة بالمقارنة بعشيرة الفطريات فى البيئة المائية (Mishustin, 1975)

واستطاعت الأحياء الدقيقة غير ذاتية التغذيـــة heterotrophic microorganisms إعادة التوازن الغذائى على سطح الأرض ، محللة المواد العضوية المعقدة من مختلــف مصادرها إلى مواد أولية بسيطة يسهل امتصاصها بواسطة الأحياء الأخرى .

ومن الصعب تحديد العوامل التى ساعدت الفطريات الأرضية للتـــأقلم علـــى بيئـــة اليابسة الصعبة . ونظـــرا لتنوع بيئة اليابسة تنوعا لا حدود لـــه ، فـــإن تـــأقلم هـــذه الفطريات مع الحياة فى مختلف البيئات الأرضية لابد وأنه قد سلك دروبا مختلفة لكـــى يتوائم كل فطر مع الحياة والنشاط فى مواطنه .

ثانيا ـ عشائر الفطريات الأرضية :

تعتبر التربة ذات المحتوى العضوى بيئة صالحة لنمو عديد من العشائر الفطريـــة ، حيث يتداخل نمو هذه الفطريات مع غيرها من عشائر الأحياء الدقيقة الأخرى ؛ مثـــل البكتيريا والطحالب والحيوانات الصغيرة .

وينتشر ميسليوم عشائر هذه الفطريات على شكل شبكة من الخيوط الهيفيـــة التـــى تتخلل حبيبات التربـــة ، حيث يعمل ذلك على ربط هذه الحبيبات بعضـــها ببعـــض ، وكذلك على تكوين بناء جيد للتربة يصلح لنمو النباتات (Lynch & Bragg, 1985) . ويظهر ذلك بوضوح عند فحص عشـــائر الفطـــريات ميكـــروسكوبيا باســـتخدام الشـــرائح الزجاجيـــة المدفونة buried slids . ولقد أوضحت مثل هذه الـــدراسات أن الجرام الواحد من التربة الخصبـــة يحتوى على عدة مئات من أمتار الهيفات الفطـــرية (Elmholt & Kjoller, 1987) ، وهذا يعنى أن طول الهيفات الفطريـــة فـــى فـــدان واحد من الأرض الخصبة (بعمق ١٥ سنتيمتر) قد يصل إلى حوالى ١٠٠ مليون كيلو متر !.

ولقد قسم Winogradsky (1924) عشائر الفطريات الأرضية إلى ما يلى :

١ – الفطريات المحللة للمواد العضوية المعقدة ببطء ولكـــن بصـــورة مســـتمرة ، ويطلق على هذه الفطريات autochthonous fungi .

٢ – الفطريات التى تنمو على مواد بسيطة سهلة الامتصاص ، حيث تنشط هذه الفطريات عند توفر مثل هذه المواد البسيطة ، ويطلق عليها اسم zymogenous fungi . وتعتبر هذه الفطريات من قاطنات التربة الحقيقية true indigenous soil forms .

٣ – الفطريات التى تنمو فى التربة بصفة مؤقتة (غازيات التربة exochthonous fungi) والتى يطلق عليها أيضا اسم allochthonous fungi ، مثال ذلك الفطريات الممرضة للإنسان والحيوان .

وعلى الرغم من هذا التقسيم ، إلا أنه من الصعب وضع حدود واضحة تفصل بين هذه العشائر الفطرية فى الطبيعة . كما أن تأقلم هذه الفطريات للنمو فى مختلف ظروف اليابسة جعلها تتطور تبعاً لنوع البيئة التى تنمو فيها .

فعلى سبيل المثال ، تنمو على أوراق الأشجار وفروعها الميتة المتساقطة على سطح الأرض فطريات محللة للسيليلوز واللجنين ، كما تنمو فى الأراضى ذات رقم الحموضة المرتفع أو المنخفض فطريات تتحمل ذلك . وتعيش فى المناطق القطبية بعض الفطريات فى التربة التى تتعرض للتجمد معظم شهور السنة ، حيث تنمو الفطريات المتحملة للبرودة والمحبة لها ؛ وكذلك فى المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف الحار ؛ حيث تنمو فى تربتها عشائر الفطريات المتحملة للجفاف والحرارة العالية .

وبصفة عامة ، تعيش العشائر الفطرية بصورة حرة فى التربة ، متغذية على المواد العضوية ، أو قد تكون متعايشة فى علاقة ميكورهيزا مع جذور النباتات . وتوجد الفطريات عادة فى الطبقة السطحية من التربة ، بعمق حوالى عشرة سنتيمترات ، بينما نادراً ما توجد لأعمق من ٣٠ سنتيمتراً . ويزداد الانتشار الرأسى للفطريات فى الأراضى العضوية المفككة الجيدة التهوية .

ومعظم الفطريات القاطنة للتربة تابعة للفطريات الناقصة ، مثال ذلك الأنواع التابعة للأجناس *Aspergillus* ، و *Geotrichum* ، و *Cephalosporium*، و *Phoma* و *Helminthosporium* ، و *Cladosporium*، و *Aureobasidium*، و *Penicillium* و *Arthrobotrys* ، و *Trichoderma* ، و *Fusarium* ، و *Alternaria* .

إلا أن هناك كثيراً من الفطريات البازيدية التى تستوطن التربة ، خاصة فطريات عيش الغراب من الأجناس *Agaricus* ، و *Amanita* ، و *Coprinus* ، و *Russula*

و *Boletus* . وتنمو هيفات هـــذه الفطريـــات وأشكالـــها الجذريـــة (الريزومورفـــات rhizomorphs) فى التربة وعلى المخلفات العضوية ، بينما تتكون الأجسام الثمرية فى فصل الخـــريف عندما تتساقط أوراق الأشجار وفروعها الميتة ، مما يوفر لها مزيـــداً من المواد الغذائية .

ومن الفطريات البازيدية الأخرى القاطنة للتربـــة الفطـــر *Rhizocionia solani* – وهو فطـــر نـــاقص يكـــوّن أجسامـــاً حجريـــة – ولقـــد شوهـــد طـــوره الكـــامل *Thanatephorus cucumris* مكونـــاً حـــوامـــل بازيـــدية عاريـــة علـــى المـــواد العضوية التى ينمو عليها تحت ظروف المعمل فى مصر (أبحاث للمؤلـــف وآخريـــن Ahmed et al., 1994) .

وبالإضافة إلى الفطريات السابقة ، تنتشر فى التـــربة فطريات أخرى أقـــل رقيًـــا ، مـــثال ذلك تلك الأنـــواع التابعـــة للفطريـــات الزيجـــيـــة من الأجناس *Rhizopus* ، و *Mucor* ، و *Allomyces* ، وأيضاً بعـــض الفطريـــات البيضيـــة التابعـــة للجنـــس *Pythium* (Atlas & Bartha, 1993) .

كما تعتبر الخمائر من الفطريات الشائعة الانتشار فى معظـــم أنـــواع الأراضـــى ، ومعظمها يتبع الفطريات الناقصة . ومن أكثر هذه الخمائر شيوعاً ، الأنـــواع التابعـــة للأجناس *Candida* و *Rhodotorula* و *Cryptococcus* ، بالإضافـــة إلـــى بعـــض الأجناس القليلة الانتشار مثل *Lipomyces* و *Schwanniomyces* و *Kluyveromyces* و *Schizoblastosporium* و *Hansenula* . كما تجد بعض خمائر ســـطوح الأوراق طريقها إلى التربة من خلال تساقط هذه الأوراق على سطح الأرض .

وتنمو معظم فطريـــات اليابســـة تحت الظـــروف المواتية لها، مثل رطوبة التربـــة وتهويتها والتركـــيز المناسب من المواد الغذائية الصالحة لتغذيتها . فعلى سبيل المثـــال تحتاج بعض هذه الفطـــريات فى غـــذائها إلى المـــواد الكربوهيدراتيـــة ، بمـــا فيـــها السكريات المعقدة ، بينما لا يمكنها تحـــليل اللجـــنين ، الـــــذى تحـــلله فطـــــريات أخرى .

ثالثاً ـ طور السكون Dormancy :

تدخل كثير من التراكيب الفطرية التى تكونها الفطريات القاطنة لليابسة فى مرحلـــة

سكون قد تكون قصيرة ، أو تطول إلى عشرات السنين ، تظل خلالها محتفظة بحيويتها.

وتعتبر هذه الظاهرة من المظاهر المألوفة الشائعة الانتشار بين هذه الفطريات ، وإن كانت مختلفة الأسباب . فعلى سبيل المثال يؤدى غياب المواد الغذائية المناسبة لتغذية الفطر إلى سكونه وتوقفه عن النشاط ، وقد يكوّن خلال هذه الفترة تراكيب فطرية ساكنة متخصصة Specialized dormant structures .

وتختلف التراكيب الفطرية السابقة فيما بينها تبعاً لنوع الفطر ، وقد يكوّن الفطر أكثر من تركيب متخصص ساكن . ومن هذه التراكيب الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores والكونيديات conidia والجراثيم البيضية oospores والجراثيم الأسكية ascospores والجراثيم البازيدية basidiospores والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والأجسام الحجرية sclerotia ، بالإضافة إلى الميسليوم الفطرى نفسه الذى قد يفقد نشاطه ويتوقف عن التغذية ويسكن .

وهناك العديد من العوامل التى تثبط الوحدات الفطرية السابقة وتمنعها عن النشاط والإنبات وكذلك استكمال النمو ، حيث يطلق على هذه العوامل اسم مثبطات التربة الفطرية soil fungistasis (Lockwood, 1977) .

ولقد شوهدت مثل هذه التأثيرات المثبطة لنشاط الفطريات فى جميع أنواع الأراضى، فيما عدا المناطق العميقة من التربة والتى يقل فيها تركيز الأحياء الدقيقة، وكذلك الأراضى الزائدة الحموضة أو الشديدة البرودة . وتزداد ظاهرة تثبيط النشاط الفطرى فى التربة بإضافة المواد العضوية المتحللة .

ويبدو أن هذا التثبيط يصاحب نشاط الأحياء الدقيقة الأخرى فى التربة ، حيث وجد أن تعقيم التربة يحد من هذا التأثير المثبط . ويؤدى إزالة أو انتهاء التأثير السابق إلى عودة الوحدات الفطرية لسابق نشاطها ، فتنبت الجراثيم ، وتستكمل الهيفات نموها .

رابعاً ـ توزيع الفطريات فى التربة :

تقل أعداد الوحدات الفطرية fungal propagules وتنوع الفطريات بصفة عامة كلما تعمقنا فى التربة ، حيث ينتج ذلك عن التغيرات الطبيعية والكيميائية فى صفات

التربة. ويرتبط توزيع الفطريات فى الطبيعة على وجـــود المادة العضوية ، حيث تزداد هذه العشائر الفطرية فى العدد والتنوع على المخلفات النباتية المتحللة فى الطبقة العليـــا من التربة ، بينما تقل هذه العشائر فى الطبقات السفلى .

وتسود عشائر الفطريات قاطنة الأوراق leaf-inhabiting fungi ســـطح التربـــة ؛ وذلك خلال فصل الخريف ، عندما تتساقط أوراق الأشجار ؛ بينما تســـتمر الفطريـــات قاطنة التربة فى الطبقات السفلى التى تقل فيها المادة العضوية ، مثـــال ذلـــك الأنـــواع التابعة للأجناس *Trichoderma* و *Penicillium* و *Mucor* و *Fusarium* وغيرها من أنواع الأجناس الأخرى .

ويتعايش ميسليوم الفطريات القاطنة للتربة فى الطبقات المعدنية السفلى the mineral layer مع جذور النباتات النامية حوله ، حيث يستفيد من المواد العضوية المفرزة مـــن الجذور كمصدر رئيسى للكربون .

وفى عمق التربة ، يقل عدد ونوع الفطريات بدرجة كبيـــرة ، وقد يرجع ذلك إلـــى قلة التهوية ، وإلى تكوين غازات مثبطة لنمو هذه الفطريـــات . إلا أن هنـــاك أنواعـــاً محدودة من الفطريات يزداد عددها بزيـــادة عمـــق التربـــة ، خاصـــة بعض الفطـــريات الناقصة (Bisset & Parkinson, 1979) . وفـــى الأراضـــى غـــير المنزرعة، يلاحظ أن الفطريات الناقصة تمثل أكثر من نصف العـــدد الكلى للفطريـــات المعزولة من الطبقة السفلى من التربة (Sewell, 1959) .

كما وجد أن نسبة كبيرة من ميسليوم الفطريات الموجودة فى الطبقة الســـفلى مـــن التربة يكون ميتاً . وفى تجربة قام بها الباحثان (Nagel-de Boois & Jansen (1971 تمت دراسة النشاط الفطرى فى تربة مخلوطة بخشب البلوط فى هولاندا على أعمـــاق مختلفة بالمقارنة بتربة غير مخلوطة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ، أنه بعد ثلاثة أسابيع من المعاملـــة كـــان أعلـــى مستوى للعشائر الفطرية فى الطبقة السطحية المغطاة بالأوراق الخـــام ، وأيضـــاً فـــى الطبقة التالية لها ، والتى تتميز بقلة التهوية ، حيث نشطت فيها فطريات التخمر التـــى تعمل على تخمر المواد العضوية بها ، حيث يطلق على هـــذه الطبقـــة fermentation layer .

ووجد الباحثان السابقان أيضاً ، زيادة نشاط العشائر الفطرية خلال فصل الربيع ومع

بداية فصلى الصيف والخريف ، بينما يقل نشاط هذه الفطريات خلال الفترة من شـــهر فبراير إلى شهر أبريل ، وكذلك من شهر أغسطس إلى شهر سبتمبر .

وتزداد الكتلة الحيوية الكلية التى يكونها الفطر – من هيفاتـــه وتراكيبـــه الفطريـــة الأخرى لكل جرام تربة أو مادة عضوية متحللة – إلى أقصى حد لها ، وذلك عند نموه فى طبقة المواد العضوية المتحللة . وتشمل هذه الكتلة الحيوية للفطر على نسبة عاليـــة من الميسليوم الميت ، والتى قد تصل إلى حوالى ٩٥٪ من جملـــة الـــهيفات الفطريـــة المتكونة فى هذه الطبقة .

وتتميز الطبقة العضوية تحت السطحية من التربة بارتفاع نسبة الـــهيفات الفطريـــة النشطة ، بالمقارنة بالطبقات السفلى ذات المحتوى القليل مـــن عشـــائر الفطريـــات . ويلاحظ أن العوامل المحددة لنشاط هيفات هذه الفطريات فى التربة هى عوامل التربـــة نفسها ؛ مثل التهوية وكائنات التربة الدقيقة الأخرى .

ولقد حصل Frankland (1975) على نتائج مشابهة من دراسته لنشـــاط عشـــائر الفطريات فى تربة الغابات متساقطة الأوراق فى لانكشير بإنجلترا خلال شهر يوليـــو . وأظهرت النتائج زيادة الكتلة الحيوية لميسليوم الفطريات فى الطبقة السطحية من التربة، بينما كانت أقل ما يمكن فى الطبقة السفلى والتى تميزت بانخفاض نسبة الهيفات الحيـــة بدرجة كبيرة بالمقارنة بالطبقة العليا من التربة .

وتختلف عشائر الفطريات اختلافا واسعا باختلاف البيئات المناخية التى تتواجد فيها، وأيضاً باختلاف الكساء النباتى فى مثل هـــذه المناطق المناخية وما يتبعه مـــن تغـــير النظام البيئى ecosystem بصفة عامة .

فعلى سبيل المثال ، وجد Christensen (1981) انتشار أنواع من الفطريات التابعة للأجناس *Fusarium* و *Papulaspora* و *Humicola* فـــى الأراضـــى العشبيـــة ذات المناخ المعتدل ، بينما يعتبر الفطر *Paecilomyces carneus* وبعض الأنواع التابعـــة للجنس *Oidiodendron* من الفطريات المميزة لتربـــة الغابـــات . وأيضـــا وجـــد أن الأنواع القاطنة لتربـــة الأراضى العشبية من الجنـــس *Mortierella* تختـــلف عـــن الأنواع المنتشرة فى تربـــة الغابـــات .

وعلى الرغم من أن تســـاقط الأوراق على سطح التربة يعمل على زيـــادة المـــادة العضوية التى تحللها الفطريات ، وإنتاج أحماض عضوية تخفض من رقـــم حموضـــة

التربـــة ، إلا أن ذلك يعمل على زيادة أنـــواع معينة من الجنس *Penicillium* فى تربة الغابات تختلف عن تلك الأنواع النامية فى الأراضى العشبية .

ليس هذا فحسب ، بل تؤثر أنواع الأشجار السائدة فى الغابات فى تحديـــد عشـــائر الفطريات التى تنمو على أوراقها المتساقطة وفروعها الميتة علـــى الأرض . ويمكـــن ملاحظة ذلك فى غابات الأشجار المخروطية ، والأخرى ذات الأشجار الدائمة الخضرة أو المتساقطة الأوراق .

وفى المنطقة القطبية الشمالية ، يكوّن ميسليوم الفطريات القاطنـــة للتربـــة عشـــيرة ضخمـــة من الهيفـــات ، تتبـــع عـــادة أنواعـــا مختلفة من الجنسين *Chrysosporium* و *Tolypocladium* .

ويمكن للفطريات السابقة التواجد فى أراضى المناطق المعتدلة ، التى تمر بظروف مناخية باردة رطبة ؛ كما هى الحال فى إنجلترا (Widden, 1987) ، بينمـــا تســـود فطريات أخرى – تتبع غالبا الجنس *Aspergillus* – الأراضى العشبية فـــى المنـــاطق الصحراوية وشبه الصحراوية (Christensen, 1981) .

وتنتشر بعض فطريات التربة فى أراضى عديد من المناطق المناخية المتباينة ، بينما هناك أنواع يتحدد وجودها فى مناطق مناخية بذاتها دون غيرها . كما تُظهر العشـــائر الفطرية القاطنة للتربـــة اختلافات موسمية فى انتشارها ونشاطها ، مثال ذلك الفطريات التى تنشط أنواعها خلال فصل الصيف summer species ، والأنواع الأخرى الشتوية النشاط winter species .

ومن أمثلة ذلك ، انتشار الفطر *Trichoderma polysporum* فى تربـــة الغابـــات الصنوبرية بكندا canadian spruce forest soil خلال فصلى الخريف والشتاء ، بينما ينتشر الفطر *T. viride* فى فصل الربيع ، والفطر *T. koningii* خلال فصّل الصيـــف فى نفس الغابة (Widden & Abitol, 1980) .

وبصفة عامة ، تميل العشائر الفطرية التى تنتشر فى التربة خلال فصلـــى الشتـــاء والربيع إلى الاختلاف عن تلك المنتشرة فى التربة خلال فصلى الصيف والخريـــف ، حيث قد يكون ذلك راجعا إلى عدم قدرتها على منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخـــرى الموجـــودة فى التربـــة ، والتى يرتبـــط نشاطـــها بالظـــروف الجويـــة السائدة (Widden, 1986) .

خامساً ـ نشاط الفطريات فى التربة :

لا يمكن اعتبار التربة تراكماً من حبيبات ناتجة عن تعرية الصخور ، بل هى بيئة تنبض بالحياة ، حتى تحت أقصى الظروف البيئية . ولولا انتقال نشاط الأحياء الدقيقة من البيئة البحرية إلى بيئة اليابسة ، ما ظهرت الحياة على الأرض بكل أشكالها وأنواعها ، ولظلت اليابسة صخراً صماً لا روح فيه ولا حياة .

وتعيش فطريات اليابسة على صخور الجبال ، وفى تربة الأرض سواء أكانت رملية أو طينية ، جافة أو رطبة ، حمضية أو قلوية . ولا تكاد تخلو بيئة أرضية ما من نشاط الفطريات ، حتى فى عيون المياه الساخنة ، وفى رمال الصحراء فى المناطق المناخية الجافة وشبه الجافة ، وأيضاً وسط ثلوج القطبين .

ويزداد نشاط هذه الفطريات كلما زادت خصوبة البيئة التى تنمو فيها . وحيث إنها كائنات حية غير ذاتية التغذية ، فإنها تعتمد فى نموها على مصادر كربونية عضوية لذلك يرتبط نشاط الفطريات بتوزيع المادة العضوية على اليابسة .

وللفطريات دور كبير فى المحافظة على التوازن الحيوى والغذائى فى الكون ، فهى تحلل المواد العضوية المعقدة بصرف النظر عن مصدرها ، وبذلك تيسر العناصر الغذائية الأولية الذائبة فى الماء لنفسها ولغيرها من الأحياء من حولها ، بالإضافة إلى انطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون ، والذى يعوض استهلاكه المستمر خلال عملية التمثيل الضوئى التى تقوم بها النباتات الخضراء ، ولولا نشاط الفطريات لتم تثبيت هذا الغاز خلال أربعين سنة من التمثيل الضوئى المستمر .

ويتداخل نشاط الفطريات فى التربة مع نشاط غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى ، كالبكتيريا والطحالب والبروتوزوا ، وأيضاً مع جذور النباتات سواء أكانت برية أم إقتصادية ، حولية أم معمرة ، عشبية أم شجرية . وتلعب ظروف التربة ونوعها وطبيعة تركيبها ، وكذلك الظروف الجوية السائدة ، دوراً فعالاً فى تحديد نشاط هذه الفطريات وعلاقتها بالأحياء الأخرى حولها .

سادساً ـ الفطريات الأرضية المتحملة للحرارة والبرودة :

تعتبر معظم الفطريات محبة للحرارة المعتدلة mesophiles ؛ حيث تنمو على

مدى حراريّ يتراوح بين ٥°م إلى ٣٠°م ، إلا أن درجة الحرارة المثلى للنمو الفطرى تنحصر فى نطاق أضيق ، يتراوح بين ٢٥°م و ٣٠°م .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض الفطريات يمكنها النمو جيداً خارج الحدود المثلى السابقة ؛ فبعضها يتحمل البرودة psychrotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها عند درجة الصفر المئوى أو بالقرب منها . وعلى العكس من ذلك ، فهناك فطريات أخرى تتحمل درجات الحرارة العالية thermotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها على درجات حرارة أعلى من ٤٠°م .

ولقد تأقلمت عديد من الفطريات على النمو تحت ظروف الحرارة المرتفعة ، ولا تنمو إلا فى البيئات الحارة ؛ حيث يطلق عليها " الفطريات المحبة للحرارة العالية thermophiles " ولا تنمو الفطريات السابقة إذا انخفضت درجة حرارة الوسط عن ٢٠°م . ومن ناحيةٍ أخرى فإن هناك فطرياتٍ تأقلمت على النمو تحت ظروف البرودة ولا تنمو إلا فى درجات الحرارة المنخفضة ، ويطلق عليها اسم " الفطريات المحبة للبرودة psychrophiles " .

ويمكن تقسيم الفطريات تبعاً لمدى تحملها لدرجات الحرارة إلي :

١ – الفطريات المتحملة والمحبة للحرارة العالية :

Thermotolerant and Thermophilic Fungi

تنتشر هذه الفطريات فى أكوام المخلفات النباتية المتخمرة بفعل نشاط الأحياء الدقيقة؛ حيث ترتفع داخلها درجة الحرارة ؛ مثال ذلك : أكوام السباخ البلدى ، وأكوام مخلفات الحديقة . ويعمل ارتفاع الحرارة على زيادة نشاط هذه الأحياء الدقيقة ؛ مما يسرع من تحلل المواد العضوية . وعندما ترتفع درجة الحرارة ، تنشط الفطريات المتحملة لها heat tolerant fungi ، بينما تثبط نمو الفطريات الأخرى .

ولقد تتبع الباحثان Chang & Hudson (1967) تتابع ظهور الفطريات على كومة الكومبوست ؛ حيث أظهرت النتائج أن القش الرطب للقمح يحتوى على عديدٍ من عشائر الفطريات القاطنة التربة ، وأيضاً النامية على سطوح الأوراق (الفيللوسفير). وعندما ترتفع درجة حرارة الكومبوست – خلال عمليات التخمر الميكروبى – تزداد

اعداد أنواع الفطريات المتحملة للحرارة ، حتى تصبح سائدة على غيرها من عشـــائر الفطريات الأخرى .

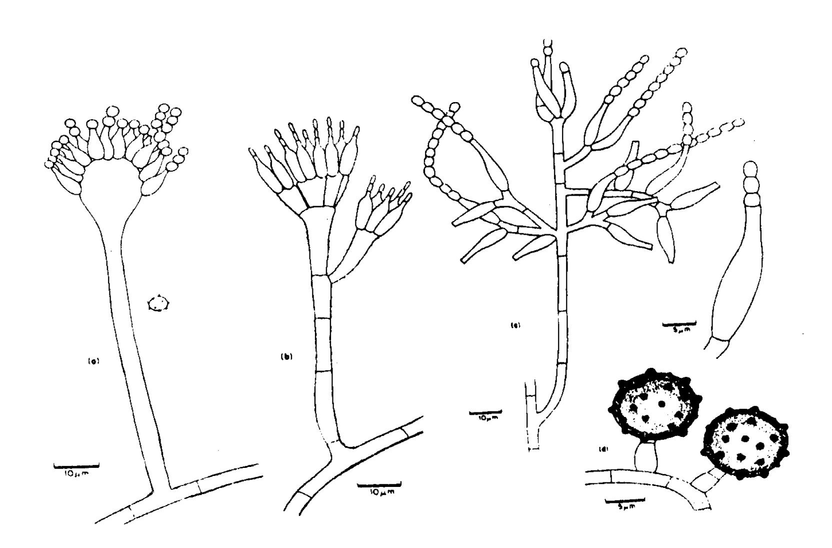
وقد تستمر هذه الحرارة العالية لفترةٍ طويلة فى مركز الكومة ؛ حيث يتوقف ذلـــك على حجمِ هذه الكومة . ومع الوقت تنخفض درجة الحرارة تدريجيًا عندما يقل نشـــاط ميكروبات التحلل ، وعندئذ تعود الفطريات المحبـــة لدرجة الحـــرارة المعتدلـــة إلـــى النشاط مرة أخرى ، ويقل نشاط الفطريات المحبة للحرارة العالية ، وقد يتوقف نشـــاط بعضها .

ويُظهر الفطريات المتحملة للحرارة العالية مدى واسعا من السلوك الفســـيولوجى ؛ وذلك تبـــعاً لقـــدرتها على تحليل المـــركبات النباتيـــة المعقـــدة . وبعـــض هـــذه الفطريات يمكنها تحليل السيليلـــوز النقى مائيًا فى المزرعة النقية، وخاصة الفطريـــات *Humicola insolens*، و*Aspergillus fumigatus*، و *Chaetomium thermophile*، بالإضافة إلى عديدٍ من الفطريات المحللة لمادة كربوكسى مثيل سليلوز CMC و زيلان Xylan قش القمح والأرابينوزيلان arabino-xylan (Chang, 1967 و Flannigan & Sellars, 1972) .

وتظهر القابلية للتحليل المائى للهيميسليلوز بين الفطريات بصفةٍ عامـــةٍ أكـــثر مـــن قابليتها للتحليل المائى للسيليلوز ، إلا أن هـــناك قليلاً من الفطريـــات يمكنـــها تحليـــل اللجنين بدرجة ضعيفةٍ ؛ مثال ذلك الفطر الأســـكى *Talaromyces thermophilus* ؛ وهو الطور الكامل للفطر *Penicillium dupontii* (Jain et al., 1979) .

وهناك فطريات أخرى محللة للجنين ؛ ولذلك فهى تسبب أعفانا طريـــة للخشـــب ؛ مثال ذلك الفطريات *Allescheria* spp. و *Thielavia terrestris* و *Paecilomyces* spp. (Eslyn et al., 1975) . كما يعتبر الفطر *Phanerochaeta chrysosporium* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يقوم بتحليل اللجنين الداخل فى تركيـــب المواد اللجنوسيليلوزية (Rosenberg, 1978) .

كما أن بعض الفطريات الأخرى المتحملة للحرارة العالية لا يمكنها تحليل السيليلوز؛ ومثال ذلك معظم عـــزلات الفطـــريات *Rhizomucor miehei* (*Mucor miehei*) ، و *Rhizomucor pusillus* (*Mucor pusillus*) ، و *Thermomyces lanuginosus* (*Humicola lanuginosa*) (Jain et al, 1979) .



شكل (٤ - ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المحبة للحرارة العالية .

a - الحوامل الكونيدية والكونيديات القارورية phialoconidia للفطر *Aspergillus fumigatus* .

b - الحوامل الكونيدية والكونيديات القارورية للفطر *Penicillium emersonii* ، وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Talaromyces emersonii* .

c - الحوامل الكونيدية والكونيديات القارورية للفطر *Paecilomyces crustaceus* ، وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Thermoascus crustaceus* .

d - كونيديات مغلظة الجدر aleuriconidia للفطر *Thermomyces lanuginosus* .

وعلى الرغم من أن الفطر *Rhizomucor pusillus* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ، إلا أنه يختفي من قش القمح مبكرا في المراحل الأولى من تجهيز الكومبوست ، ولا يُعْزى ذلك إلى ارتفاع الحرارة ، حيث إنه يتحملها ، ولكن يعزى إلى أنه من الفطريات التي تفضل النمو على السكريات البسيطة ، والتي سرعان ما تُستَهلك بفعل نشاط الأحياء الدقيقة داخل كومة الكومبوست عند إعدادها .

وتعتبر الفطريات المتحملة للحرارة العالية – والتي تنمو على الكومبوست – شائعة الانتشار في البيئات الدافئة ؛ حيث تتراكم المخلفات العضوية المختلفة ؛ سواء المستخدمة في زراعة عيش الغراب ، أم تلك التي تجهز بغرض استعمالها كسماد عضوي.

ويلعب النشاط الذي تقوم به الفطريات المتحملة للحرارة العالية دورا كبيرا في التحليل الجزئي لهذه المخلفات العضوية ؛ وذلك عند تجهيز الكومبوست المستخدم في زراعة عيش الغراب العادي ؛ حيث يساعد ارتفاع الحرارة على تشجيع التحلل الجزئي، كما يعمل على تعقيم هذا الكومبوست جزئيًا .

وعندما ينتهي إعداد الكومبوست ، يترك حتى تنخفض درجة حرارته ، وبعد ذلك تضاف تقاوي عيش الغراب المراد زراعته . وتنمو هيفات الفطر خلال الكومبوست ، فإذا كان هذا الكومبوست جيد الإعداد ، فإن هيفات الفطر تجد داخله احتياجاتها الغذائية؛ فتنمو سريعاً بأقل قدر من المنافسة التي قد تقوم بها الأحياء الدقيقة الأخرى المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة mesophiles .

ولقد عزلت الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة من عديدٍ من البيئات الدافئة ؛ مثال ذلك : أعشاش الطيور (Apinis & Pugh, 1967) ، وركام البراكين (Hedger, 1975) . ويمكن لبعض هذه الفطريات أن تسبب عفن وتدهور القش الرطب ، والحبوب المخزونة خاصة تحت الظروف اللاهوائية (Flannigan, 1969) .

وأيضاً تسبب بعضُ الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة أمراضاً للحيوانات ، كما أن بعضها يسبب أضرارا لصحة الإنسان ، وخاصة للعمال الزراعيين العاملين في الحقول والمنتجات الزراعية الملوثة بالفطريات *Rhizomucor pusillus* ، و *Aspergillus funigatus* (Lacey, 1975) .

وفى المناطق الاستوائية ، تسبب بعض الفطريات المتحملة للحرارة تدهورا لمحصول الفول السودانى ولزيت النخيل ؛ حيث تفرز هذه الفطريات إنزيمات محللة للزيوت fungal lipases تعمل على تشجيع أكسدة الزيوت إلى أحماض دهنية .

وتنتشر الفطريات المتحملة للحرارة العالية فى تربة المناطق المعتدلة ؛ حيث تنمو فى المواسم الدافئة . ولقد عُزلت عديدٍ من أنواع هذه الفطريات فى إنجلترا ؛ حيث ترتفع حرارة التربة إلى أعلى من ٢٠°م فى الصيف . ومن ناحيةٍ أخرى لا يوجد دليل على زيادة انتشار الفطريات المحبة للحرارة العالية عن تلك المحبة للحرارة المعتدلة فى تربة المناطق الاستوائية ، ولكن يبدو أن العامل المحدد لانتشار هذه الفطريات هو محتوى التربة من الرطوبة (Hedger, 1975) .

ولقد زاد الاهتمام مؤخراً بمعاملة نفايات المدن التى تحتوى على نسبةٍ عاليةٍ من المواد السيليلوزية – مثل نفايات الورق ، ومخلفات النباتات – بالفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يتم تجهيز كومبوست يستعمل فى تسميد الحدائق والمنتزهات ، مما يفيد فى إعادة تدوير المخلفات واستخدامها فيما يفيد ، ويقلل من تلوث المدن .

ومن الأهمية بمكانٍ أن تسود درجة الحرارة العالية خلال مراحل التحليل الجزئى للمخلفات العضوية ، ليس فقط لتشجيع نشاط الفطريات المشاركة فى هذا التحليل ، ولكن أيضاً لتقليل أعداد العشائر البكترية إلى أدنى مستوى لها ، بحيث لا تؤثر على الصحة العامة .

وهناك نواحٍ تطبيقية أخرى تُستخدم فيها مثل هذه الفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ مثال ذلك التخلص من المخلفات العضوية بطريقةٍ مأمونةٍ واقتصادية ؛ وذلك عن طريق عمل كومبوست قد تدخل فى تركيبه مخلفات حيوانات المزرعة وطيورها. ويمكن استخدام هذه المخلفات فى زراعة عيش الغراب لإنتاج بروتين فطرىّ يضاهى البروتين الحيوانى ، كما تستخدم المخلفات الناتجة بعد زراعة عيش الغراب فى إنتاج علفٍ للماشية أو سماد عضوى .

ويتم خلال التحويل الحيتوى للمواد اللجنوسيليلوزية تحليل اللجنين كخطوةٍ أولى ، يتم بعدها تخلل الإنزيمات المحللة للسيليلوز لهذه المركبات العضوية

المعقدة . ويعتبر تحليل هذه المخلفات العضوية – حيويًا – أقل تكلفة بالمقارنة بالوسائل الأخرى التى يمكن أتباعها مثل استخدام الكيماويات ، والتى تسبب أيضا تلوثا للبيئة .

ويستعمل فى التحول الحيوى لهذه المخلفات العضوية بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ؛ وهو فطر سريع النمو ، يتحمل الحرارة العالية ، ويسبب عفناً أبيض نتيجة تحليله للسيليلوز واللجنين فى نفس الوقت. ويمكن استخدام المخلفات العضوية المتحولة علفاً للماشية ؛ حيث تتحسن درجة استساغة الحيوان لها . وعلى أية حالٍ يختلف نوع الفطر المستخدم تبعاً لنوع المخلف النباتى (Zadrazil, 1980) .

وينمو الفطر السابق على المخلفات اللجنوسيليلوزية الناتجة من مصانع الورق ؛ حيث ينتج عنه بروتين فطرى عالى القيمة الغذائية . ويؤدى استعمال هذا الفطر فى مصانع الورق إلى تنقية المياه الناتجة خلال التصنيع من الألياف الخام ، حيث تمثل هذه الخطوة قيمة اقتصادية عالية . وينتج عن ذلك بروتين فطرى قدره ١٤٪ من الإنتاج النهائى .

ولقد تم تحقيق بعض النجاح باستخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج سلالاتٍ من الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ذات قدرةٍ أقل على تحليل السيليلوز ؛ حيث تستخدم هذه السلالات فى تحليل لجنين الخشب ، وتقليل الفقد فى ألياف السيليلوز المستخدمة فى صناعة الورق ؛ مما يعطى منتجاً نهائيًا ذا ألياف سيليلوزيةٍ قويةٍ .

وتتميز الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة – التى تستخدم فى تكنولوجيا التحولات الحيوية – بعدم احتياجها إلى عمليات التبريد خلال مراحل نموها على المخلفات العضوية ؛ مما يقلل من تكاليف الإنتاج بالمقارنة باستخدام الفطريات المحبة للحرارة المعتدلة ، والتى يتوقف نشاطها عند ارتفاع درجة الحرارة الناتجة عن التمثيل الغذائى .

كما يتميز ارتفاع درجة حرارة الوسط – الذى يتم خلاله التحول الحيوى – بتثبيط نمو عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ؛ وهذا يؤدى إلى خلو المنتج النهائى من التلوث بالميكروبات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة .

٣ – الفطريات المتحملة للبرودة Psychrotolerant fungi :

وجدت عديد من الفطريات نامية فى القطبين الشمالى والجنوبى ؛ حيث تقل درجة الحرارة إلى مادون الصفر المئوى طوال العام ، فيما عدا فصل الصيف ؛ حيث ترتفع درجة الحرارة لأعلى من درجة التجمد . ويسمح ارتفاع درجات الحرارة خلال هذه الفترة بنمو بعض الأنواع الفطرية . وتستطيع هذه الفطريات البقاء محتفظة بحيويتها تحت ظروف البرودة الشديدة التى قد تصل إلى ٤٠ْم تحت الصفر .

ويندرج تحت هذه الفطريات المتحملة للبرودة أفراد من معظم الفطريات الحقيقية Eumycota . ولقد وُجد فى قارة انتراكتيكا Antarctica بالقطب الجنوبى عديد من الفطريات الناقصة وذات الميسليوم العقيم (Dowding & Widden, 1974) . كما وجد (Pugh & Allsop (1982 الفطر الناقص *Chrysosporium pannorum* بالإضافة إلى أنواع تتبع الجنس *Mertierella* – وهو من الفطريات الزيجية – نامية على المخلفات النباتية المدفونة تحت الثلوج .

ولقد وجدت فى هذه المنطقة من القطب الجنوبى فطريات مكونة للأجسام الثمرية كبيرة الحجم macrofungi ، نامية على النباتات الخشبية . ومن هذه الفطريات ثمار عيش الغراب ؛ مثل الفطر *Galerina* sp. ، والفطر *Omphalina* sp. ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأسكية (Pegler et al., 1980) .

وعلى الرغم مما سبق ، فإن بعض الفطريات المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة قد أقلمت نفسها على النمو تحت ظروف الحرارة شديدة الانخفاض ، والتى تصل إلى خمس درجاتٍ تحت الصفر . وتعتبر معظم هذه الفطريات دخيلة على البيئة شديدة البرودة ، وتم انتقالها إليها عن طريق نشاط الإنسان وتنقُّله من مكان إلى اخر . وتضم هذه الفطريات بعض الأنواع التابعة للجنس الزيجى *Mucor* ، بالإضافة إلى بعض الخمائر .

وتسود هذه الخمائر خلال فصلى الربيع والخريف فى تربة قارة انتراكتيكا ؛ حيث يبدو أنها تأقلمت جيداً على النمو تحت ظروف التجمد . وتتغذى هذه الخمائر على ما ينساب من مواد سكريةٍ من الأنسجة النباتية المتجمدة . وتتبع الخمائر السابقة أنواعاً من الأجناس *Candida* و *Rhacodium* و *Cryptococcus* (Tubaki, 1961) .

وعلى الرغـم من سيادة عشائر الخمائر فى التربة خلال فصلى الربيع والخريـف فى هذه المنطقة من العالم ، إلا أن ارتفاع الحرارة خلال فصلى الصيـف والخريـف يؤدى إلى زيادة عشائر الفطريات الهيفية ؛ منافسة فى ذلك عشائر الخمـائر ، وتعـود السيادة - مرة أخرى - للفطريات الهيفية (Wynn - Williams, 1980) .

وتوجد الفطريات المتحملة للبرودة أيضاً كملوثات للمواد الغذائيـة المخزونـة فـى المبردات (الثلاجات) ؛ فعلى سبيل المثال تنمـو بعـض الأنـواع التابعـة للجنـس *Penicillium* فى درجـة حـرارة ٣ تحت الصفر ؛ حيث تعتـبر أحـد الملوثـات الشائعة للثمار والخضراوات المحفوظـة بالتبريد . كما تسـبب بعـض الفطريـات الأخـرى عفناً للحوم المجمـدة والمحفوظة لفتـرةٍ طويـلةٍ فى المبردات ؛ ومن أمثلة ذلك فطـريات : *Thamnidium* ، و *Penicillium* ، و *Mucor* ، و *Cladosporium* (Jay, 1987) .

وتسبب بعض سلالات الفطريات المتحملة للبرودة أعفاناً خطيرةً لثمـار الفراولـة والخوخ والطماطم المخزنة فى درجات حرارة منخفضة (-٥°م) ؛ بحيث قد تؤدى إلى تلفٍ كاملٍ للمحصول. ومن هذه الفطريات *Botrytis cinerea* ، و *Mucor mucedo*، و *M. pirformis*، و *M. circinelloides*، و *Rhizopus stolonifer*، و *R. sexualis* (Smith et al., 1979) .

وبالإضافة إلى ما سـبق ، فإن هناك عـديـداً من الفطريات الممرضـة للنبـات تتحمل الصقيع ، وتنمو جيداً فى درجـات الحـرارة المنخفضـة ؛ حيـث إن درجـة الحـرارة المثلى لها تكون - عـادةً - أقـل من ٢٠°م ، بينما تصل درجـة الحـرارة الدنيا إلى خمس درجاتٍ مئويةٍ تحت الصفر . ومن هذه الفطريات الممرضة للنبـات : الفطر *Typhula idahoensis* المسبب لمرض رقاد النباتات النجيلية ؛ حيـث يُظـهر أقصى قدرةٍ مرضيةٍ عند درجة حرارة ١,٥°م تحت الصفر .

وهناك فطريات أخرى ممرضة للنبات تنشـط قـدرتها المرضية عنـد انخفـاض درجة الحرارة ؛ كالفطر *Fusarium nivale* المسبب لمرض العفـن الثلجـى snow mould ، والفطـر *Phacidium infestans* الممـرض لأشـجار الصنوبـر ، والفطر *Coprinus psychromorbidus* المسبب لمرض العفن الثلجى للنجيليات فـى كندا .

٣ - فسيولوجيا تأقلم الفطريات على درجات الحرارة المختلفة :

هناك بعض النظريات الحديثة التى تحاول تفسير كيفية تحَمُّل بعض الكائنات الحية الدقيقة للحرارة المرتفعة ؛ حيث يفترض أن هذا التحمل يرجع إلى بعض الصفات الطبيعية والكيميائية للجزئيات الكبيرة الموجودة فى خلايا هيفات الفطر cell macromolecules وللأغشية السيتوبلازمية ، وللجسيمات الموجودة فى الخلية ، والتى تسمح لهذه الفطريات بالاحتفاظ بحيويتها خلال تعرضها لدرجات الحرارة العالية.

وعلى الرغم من تعدد الأبحاث التى أجريت فى هذا المجال ، فإن النتائج المتحصل عليها مازالت قليلة بحيث يصعب وضع نظرية نموذجية تشرح كيف تتحمل هذه الفطريات التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة دون أن تفقد حيويتها. ولكن الدراسات السابقة أوضحت مدى ثبات الجزيئات الكبيرة المتكونة داخل خلايا الكائنات الحية الدقيقة النامية تحت ظروف الحرارة العالية thermostable macromolecules ، مثل البروتينات .

فعلى سبيل المثال ، يلاحظ أن البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية thermophilic bacteria تنتج عديداً من الإنزيمات والبروتينات الهيكلية structural proteins ، والتى تسبب تحملا ملحوظا للحرارة العالية . كما أظهرت الدراسات أن بعض الإنزيمات الموجودة فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophiles ثابتة حرارياً ؛ وهذا يتيح الفرصة لهذه الأحياء الدقيقة كى تبقى على قيد الحياة تحت الظروف الاستثنائية غير العادية من ارتفاع درجات الحرارة حولها .

وربما يكون من الأمور المحيرة ، تلك الحقيقة الناتجة عن اكتشاف أن الإنزيمات الموجودة فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية thermophiles ليست ثابتة حرارياً . وهذا يدعونا إلى الاعتقاد بأن الأساس الفسيولوجى للثبات الحرارى يرجع إلى القدرة الفائقة للكائن الدقيق على سرعة تخليق الجزيئات الكبيرة الثابتة حرارياً ، تعويضاً عما يتلف نتيجة تعرضه لدرجات الحرارة العالية .

إلا أن النظرية السابقة The rapid synthesis hypothesis فشلت فى تفسير آلية الثبات الحرارى للبروتين protein thermostability ، والذى قد يرجع إلى تغير نسب الأحماض الأمينية ، أو إلى وجود بعض الأيونات المرتبطة بجزئ البروتين ؛ مثال ذلك أيونات الزنك Zn والكالسيوم Ca والكوبلت Co . وتعتبر الأبحاث التى أجريت فى هذا

المجال قليلة للغاية ، إلا أن المعلومات القليلة المتاحة تدل على تشابه الية تحمّل الحرارة العالية فى الكائنات الحية الدقيقة بصفةٍ عامة (Dix & Webester, 1995) .

ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد (1969) Crisan أن المستخلص البروتينى للفطريات *Thermomyces lanuginosus* و *Talaromyces thermophilus* ليس كله ثابتا حراريًا عند ٦٠°م ، ولكن عند إنماء هذه الفطريات تحت ظروف الحرارة المرتفعة ، تزداد نسبة البروتينات الثابتة للحرارة العالية . وتتمشى هذه النتائج مع الملاحظات السابقة ، التى توضح أن بعض الإنزيمات المعزولة من الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية thermophilic fungi – والتى تتميز بأن درجة الحرارة المثلى لنموها أعلى من ٦٠°م – تكون ثابتة حراريًا ، بينما الكائنات الفطريات التى تقل درجة حرارتها المثلى عن ٦٠°م ، فإن إنزيماتها لا تكون ثابتة حراريًا (& Broad Shepherd, 1971) .

كما وجد فى الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة – وأيضا تلك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة – أنها تكون بروتيناتٍ خاصة ثابتة حراريًا إذا نمت هذه الفطريات تحت ظروف درجات الحرارة العالية . ويزداد تكوين مثل هذه البروتينات فى خلايا الفطريات ؛ حيث تساعد على بناء ما يتلف من الهيكل البنائى للفطريات النامية تحت ظروف ارتفاع الحرارة .

ولا تُظهر الأحماض النووية للكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية أية قدرة للثبات الحرارى ، بعكس الحال فى الأغشية السيتوبلازمية التى تظهر تأقلما تركيبيًّا ووظيفيًا لتحمل الحرارة العالية ؛ بحيث تظل هذه الأغشية محتفظة بقدرتها على النفاذية الاختيارية للتحكم فى مرور الأيونات والجزيئات من الخلية وإليها تحت ظروف ارتفاع درجات الحرارة .

وتلعب الليبيدات المكونة للغشاء السيتوبلازمى دورا كبيرا فى تحمله لدرجات الحرارة العالية ، واحتفاظه بحالته الطبيعية . وتميل هذه الليبيدات إلى التحول للقوام الجيلاتينى عند انخفاض درجة الحرارة ، بينما يؤدى ارتفاع الحرارة إلى سيولتها . ويتحكم فى تحول قوام الغشاء السيتوبلازمى درجة حرارة التحول transition temperature ؛ والتى تعتمد على نسبة ونوع الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة التى يتكون منها الليبيد .

وتتميز الأحماض الدهنية المشبعة بقله عدد الروابط الزوجية التى تعمل على رفع درجة حرارة التحول ، بينما تقلل الأحماض الدهنية غير المشبعة من درجة حرارة التحول . فإذا ما احتوى الغشاء السيتوبلازمى على ليبيدات ذات محتوى عالٍ من الأحماض الدهنية المشبعة ، فإن ذلك يجعله أكثر قدرةً على الاحتفاظ بتركيبه ووظيفته عند ارتفاع درجات الحرارة ، بالمقارنة بالأغشية السيتوبلازمية المحتوية على نسبةٍ أعلى من الأحماض الدهنية غير المشبعة ، والتى تكون فى حالة سيولةٍ عندما ترتفع درجة الحرارة .

وعلى العكس من ذلك ؛ فإن الأغشية المحتوية على ليبيدات ذات نسبةٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون أكثر ملاءمة فى الكائنات الحية الدقيقة النامية فى درجات الحرارة المنخفضة ، بالمقارنة بالأغشية السيتوبلازمية المحتوية على نسبةٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية المشبعة ؛ حيث إن هذه الأحماض تميل إلى أن تكون جيلاتينية القوام عند انخفاض درجة الحرارة .

وعلى ذلك ، فإنه من المتوقع – منطقيا – أن الأغشية السيتوبلازمية للكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى درجات حرارةٍ منخفضةٍ تكون ذات نسبةٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الغشاء ، بينما تلك التى تعيش فى درجات الحرارة المرتفعة تكون محتوية على نسبةٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية المشبعة .

ولقد وجد Mumma et al., 1971 أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة تحتوى على مستوياتٍ منخفضةٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى ؛ بالمقارنة بتلك الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة . فعلى سبيل المثال ، تحتوى الأنواع المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة من الجنس *Mucor* على نسبةٍ عاليةٍ من حمض الأوليك oleic acid ذى الرابطة المزدوجة الواحدة ، بينما يحتوى على نسبةٍ قليلةٍ من حمض اللينولينك linolenic acid ذى الرابطتين المزدوجتين، ونسبةٍ أقل من حمض اللينولينك linolenic acid ذى الروابط الزوجية الثلاث ، بالمقارنة بالأنواع الأخرى المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة من نفس الجنس (Sumner et al., 1969) .

وفى أنواع الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية والمتحملة لها – والتابعة للجنسين *Rhizopus* ، و *Mucor* – فإن نسبة الأحماض الدهنية المشبعة تنخفض عندما

ترتفع درجة الحرارة ، وترتفع عندما تنخفض درجة الحرارة (Hammond & Smith, 1986) ؛ ويعنى ذلك أن مثل هذه الفطريات تُظهر نوعا من التأقلم فى توازن درجة لزوجة الغشاء السيتوبلازمى homeoviscous adaptation (Sinensky, 1974)، وذلك عن طريق تعديل نسبة الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعة ؛ كرد فعلٍ سريع يتناسب مع معدل تغير درجة حرارة البيئة التى تنمو فيها هذه الفطريات .

وعلى الرغم مما سبق ، نجد أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية تميل إلى تخليق ليبيداتٍ ذات محتوى عالٍ من الأحماض الدهنية المشبعة ، بصرف النظر عن درجة الحرارة التى تنمو فيها ؛ وذلك بالمقارنة بالفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة (Sumner et al., 1969) ؛ ولعل هذا يفسر عدم نمو مثل هذه الفطريات عند درجة حرارةٍ أقل من ٢٠°م ؛ حيث قد يرجع ذلك إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تخليق أحماضٍ دهنيةٍ غير مشبعةٍ بكميةٍ كافيةٍ فى درجات الحرارة المنخفضة ، أو لعدم توافر المواد المتخصصة فى تكوين الروابط الزوجية فى الأحماض الدهنية عند انخفاض درجة الحرارة .

كما وجد Sumner et al., 1969 أن ارتفاع درجات الحرارة لا يؤدى إلى أى اختلافٍ فى درجات تشبع الأحماض الدهنية فى الفطريات المتحملة للبرودة ، مثال ذلك : الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، وكذلك فطريات الخميرة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic yeasts .. وقد ترجع زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى – للفطريات المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة – إلى عدم قدرتها على النمو فى درجات الحرارة العالية .

ويبدو أن قدرة الأغشية السيتوبلازمية على الاحتفاظ بكفاءتها فى مدى حرارىّ واسع يرجع إلى تنظيم تحول الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعةٍ والعكس ؛ وذلك من خلال الاستيرولات steroles (Harrison & Lunt, 1980) ، التى تقوم بتأثيرٍ مُسيلٍ liquefying effect على الليبيدات التى تميل إلى تكوين قوام جيلاتينىّ ، وتأثيرٍ مكثفٍ condensing effect على الليبيدات التى تميل للسيولة (Demel & de Kruyff, 1976).

ولقد وجد (Weete (1980 أن الأستيرولات موجودة بنسبةٍ عاليةٍ فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية على صورة أرجسترول ergosterol ، وعلى الرغم

من ذلك فإن هناك بعض الشكــوك فى دور هذه الأحماض الدهنية فـــى مـــدى تـــأقلم الأحياء الدقيقة على درجات حرارة الوسط الذى تنمو فيه .

فعلى سبيل المثال ، وجد Esser (1979) أنه عنــد إنمـــاء طفــرةٍ مـــن بكتيريـــا *Bacillus stearothermophilus* – تحت ظروف الحرارة العالية – لم يؤدّ ذلك إلـــى زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى ؛ مما أدى إلـــى الاعتقاد بأن الصفات الكيميائية للأحماض الدهنية المكونة لليبيدات الغشاء أقل أهمية من صفاتها الطبيعية فى التأقلم على درجات الحرارة العالية .

وقد تعتمد قدرة تأقلم الكائنات الحية الدقيقة على النمو فى درجات الحرارة العاليـــة على قدرتها فى إنتاج ليبيدات فوسفاتية phospholipides التى يمكنها التجمع فى الغشاء السيتوبلازمى . ومازالت المعلومات المتاحة عن تأثير درجات الحرارة العاليـــة علـــى وظيفة المكونات الأخرى فى خلايا الأحياء الدقيقة قليلة للغاية . ولقـــد شملـــت بعـــض الدراسات تأثير الحرارة على ريبوسومات ribosomes بعض أنواع البكتيريـــا المحبـــة للحرارة العالية ؛ حيث أوضحت النتائج أن الريبوسومات ثابتة حراريًا (Stenesh & Yang, 1967) .

ومن ناحية أخرى ، فإن الفطريات النامية فى درجات الحرارة المنخفضـــة تتمـــيز بإنزيماتها التى تتخلق وتظل فعالة ونشطة تحت ظروف البرودة . ويبـــدو أن العـــامل المحدد لنشاطها هو تخليق هذه الإنزيمات . فلقد وجد أن البكتيريـــا المحبـــة لدرجـــات الحرارة المعتدلة mesophilic bacteria يتخلق بها كميـــة قليلـــة مـــن الإنزيمـــات إذا نمت تحـــت ظـــروف البـــرودة ، بينما يكون الانخفـــاض فـــى نشـــاط الإنزيمـــات المتكونة – فعلاً – محدوداً؛ وبالتالى يؤدى انخفاض كمية الأنزيمات المتكونة إلى قلـــة النمو .

ويشمل التأقلم على درجات الحرارة المنخفضة – أيضًا – اليات أخرى ، تعمل على زيادة تركيز المواد الذائبة فى سيتوبلازم هيفات الفطر ، وقد يكـــون ذلـــك ضروريًـــا لمقاومة خطر التجمد ، وفقد الماء الناتج من انخفاض الضغط المائى فى الوسط الـــذى ينمو فيه الفطر نتيجة تجمد الماء الحر حوله .

ويعتبر تجنب تهشم هيفات الفطر من الأمور الحيوية الضرورية لاستمرار فعاليـــة الغشاء السيتوبلازمى، حيث تتم زيادة تركيز السيتوبلازم بواسطة تخليق كحولاتٍ عديدةٍ

الهيدروكسيل polyhydric alcohols (Polyols) ، بالإضافة إلى تراكم الأيونات من خارج الهيفا بنفس الأسلوب الذى تنهجه الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi .

ويعتقد أن الأغشية السيتوبلازمية للفطريات المتحملة للبرودة تحتوى على ليبيدات ذات مستوياتٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة ؛ حتى تلائم النمو فى درجات الحرارة المنخفضة . فعلى سبيل المثال ، تحتوى ليبيدات الخمائر المتحملة للبرودة على أحماضٍ دهنيةٍ غير مشبعةٍ أكثر من الخمائر المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة ، والتى يزداد فيها مثل هذه الأحماض الدهنية غير المشبعة عندما تتعرض لدرجات حرارةٍ منخفضةٍ (Kerekes & Nagy, 1980) .

ولقد أظهرت الدراسات التى أجريت على الفطرين *Thamnidium elegans*، و *Mucor strictus* أنهما يسلكان نفس سلوك الخمائر المتحملة للبرودة (Dexter & Cooke, 1984) ، بينما لم يجد Sumner et al., 1969 نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الفطرين *Mucor strictus* و *M. oblongisporus* عند تنميتهما عند درجة حرارة ١٠°م ، بالمقارنة بنفس الفطرين عند تنميتهما عند ٢٠ ، ٢٥°م.

وفى دراسة أخرى ، وجد Hammond & Smith (1986) انخفاضا فى نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الفطر *Mucor psychrophilus* عند نموه فى درجات حرارةٍ مرتفعة ، كما زادت نسبة ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى غير المشبعة فى عزلات الفطر المحبة للبرودة ، بالمقارنة بالعزلات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة والعالية عند نموها فى درجات الحرارة الملائمة لها .

وقد يرجع انخفاض أقصى مدى حرارىّ تنمو عليه الفطريات المحبة للبرودة إلى وجود إنزيمات فائقة الحساسية ، تتأثر بأى ارتفاع فى درجة الحرارة . فعلى سبيل المثال ، وجد فى الفطر *Cryptococcus* spp. مثل هذه الإنزيمات ذات الحساسية الفائقة للحرارة العالية؛ وذلك فى دورة التخليق الحيوى للأحماض الأمينية ودورة التنفس (Rose, 1962) .

كما أن هناك دليلاً آخر على تأثير درجة الحرارة العالية على النفاذية الاختيارية للغشاء السيتوبلازمى ؛ حيث يصبح منفذاً عند ارتفاع الحرارة ؛ وهذا يدل على فشل

الكائن الدقيق فى تخليق أحماض دهنية مشبعة للمحافظة على الغشاء شبه المنفذ فعـــالا تحت ظروف الحرارة العالية .

٤ – الفطريات المتحملة للجفاف وللضغط الأسموزى العالى Xerotolerant and Osmotolerant Fungi :

على الرغم من أن هناك أسبابا بيئية للتفرقة بين هاتين المجموعتين من الفطريات ، إلا أن الفروق الفسيولوجية بينهما ليست كــبيرة ، كما أن بعض الفطريات تظهر تحملا لكل من ظروف الجفاف وارتفاع الضغط الاسمــوزى فى ان واحد . وتشــترك مثــل هذه الفطريات فى قابليتها للنمو فى البيئات ذات الضغط المائــى المنخفض . وقد يرجع انخفاض الضغط المائى إلى قلة المحتوى المائى فى الوســط أو إلى زيادة تركيز المواد الذائبة فيه .

ويمكن للفطريات المتحملة للجفاف أن تنمــو على المــواد الشــديدة الجفاف ، مــع قــدرتها المحــدودة عــلى تحــللها ، بينــما توجــد الفطريات المتحملـــة للضغــوط الأسموزية العالية نامية فى البيئة ذات الطاقة الاسموزية الشديدة الانخفاض very low osmotic potential .

ويقاس – عادة – مدى تحمل الفطريات للجهد المائى water stress عـــن طريــق قياس إنبات جراثيمها أو نمو هيفاتها أثناء تعرضها للتركيزات العاليـــة مـــن المحـــاليل المتأنية أو غير المتأينة فى بيئة الأجار . وفى مثل هذه الظـــروف يتـــم التحكـــم فـــى الضغط المائى عن طريق الضغط الاسموزى لمحلول النمو osmotic potential .

ويمكن تعريف الفطريات المتحملة للجفاف وتلك المتحملـــة للضغــوط الاســموزية العالية بأنها تلك القادرة على النمو فى البيئة ذات النشاط المائى water activity الـــذى يقل عن 0.85_{aw} (Schmiedeknecht, 1960) . إلا أن بعض هذه الفطــريات تنمـــو عند 0.75_{aw} ؛ مـــثال ذلـــك فطـــر *Aspergillus candidus*، وبعضها – مثل الفطر *A. flavus* والفطر *Penicillium chrysogenum* - ينمو عند 0.78_{aw} ، بينما يســتطيع الفطر *P. cyclopium* النمو عند 0.84_{aw} .

وتعتبر الأنواع الفطرية – التى تنمو تحت ظروف الجفاف – قليلة للغاية ، ومعظمها يتبع الفطريات الأسكية الأولية lower Ascomycetes ، والفطريات التابعة لتحت طائفة

الفطريات الأسكية المكونة للأجسام الثمرية المقفولة Plectomycetes ، وكذلك الفطريات الأسكية التى لا تكون أجساما ثمرية Hemiascomycetes .

أ – الفطريات المتحملة للأسموزية Osmotolerant fungi :

تشمل هذه الفطريات بعض الخمائر ، بالإضافة إلى فطريات الأسبرجلس aspergilli التى تنمو على المواد ذات التركيز العالى من السكر ؛ مثال ذلك : المربات ، والحلوى ، وعسل النحل ، ورحيق الأزهار ، والعصائر ، وثمار الفاكهة المجففة ، وغيرها .

ويمكن لبعض هذه الفطريات النمو تحت مستوى منخفض من الماء ؛ فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Monascus (Xeromyces) bisporus* النمو عند 0.60_{aw} ، وهو يعادل حوالى 70MP- عند ٢٥ م . كما أن بعض الخمائر تنمو جيدا فى البيئات الملحية والسكرية على حد سواء ، وكذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس : *Hansenula* ، و *Pichia* ، و *Debaryomyces* ، والتى تشمل عديدا من الفطريات البحرية الاختيارية .

وتلعب بعض الخمائر المتحملة للاسموزية العالية دورا هاما فى الصناعات الغذائية؛ مثال ذلك خميرة *Saccharomyces rouxii* التى تستعمل فى إنضاج صلصة فول الصويا المملحة وتخمير عجائن الفطائر المملحة. كما أن بعض الخمائر تسبب خسائر فادحة فى الأغذية السكرية خلال تخزينها .

ب – الفطريات المتحملة للجفاف Xerotolerant Fungi :

تنمو بعض الفطريات فى البيئات الجافة ؛ مثال ذلك أنواع الفطر *Aspergillus* المتأقلمة جيدا على النمو تحت مثل هذه الظروف ؛ حيث يمكن لجراثيمها الإنبات فى مستوى منخفض من الماء أقل من 0.78_{aw} . وتتحمل بعض أنواع الفطر *Penicillium* ظروف الجفاف أيضا ، ولكن بدرجة أقل من الفطر *Aspergillus* ؛ حيث يمكن لجراثيمها الإنبات عند مستوى مائى يتراوح بين 0.84_{aw} - 0.78 .

وتنتشر الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* فى تربة المناطق ذات المناخ المعتدل ، أكثر من انتشار الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* ، وخاصة إذا كان المحتوى المائى

للتربة عالياً . وعلى العكس من ذلك ، تنتشر أنواع الجنس *Aspergillus* أكثر في التربة قليلة الرطوبة ذات درجة الحرارة العالية .

ويكثر وجود هذه الفطريات في صوامع الغلال ومخازن المنتجات الزراعية الجافة الأخرى . ومعظم الفطريات التي تلوث الحبوب والبذور والقش عند الحصاد تنتمي إلى فطريات الحقل ؛ وهي تتبع – في مجملها – الجنس *Cladosporium* الذي يستوطن سطوح الأوراق (الفيللوسفير Phyllosphere) ، بالإضافة إلى أجناسٍ أخرى بعضها ممرض للنبات ؛ مثل : *Drechslera* ، و *Fusarium* .

وتحتاج فطريات الحقل field fungi إلى نشاطٍ مائيّ قليلٍ (على الأقل 0.85_{aw}) ، للنمو ؛ ولذلك فهي تفقد حيويتها ، وتختفي من على الأغذية الجافة المخزونة ، كما أن نشاطها المحدود يسبب خسائر طفيفة للمواد الغذائية المجففة . وعلى العكس من ذلك ، توجد فطريات المخزن على المنتجات الزراعية بأعدادٍ قليلةٍ خلال حصادها، ثم تزداد أعدادها تحت ظروف التخزين على حساب فطريات الحقل .

ونظراً لانخفاض محتوى رطوبة المنتجات الزراعية المخزونة إلى حوالي ١٢٪ من وزنها ، فإن نمو فطريات المخزن يتوقف ، بينما تحتاج الحبوب الزيتية إلى ظروف جفافٍ أكثر من ذلك عند تخزينها . وعندما تزداد الرطوبة لأكثر من النسبة الحرجة ، تبدأ فطريات المخزن في النمو ببطءٍ ، ويزداد نشاطها مع الوقت . ولتجنب ذلك يجب تجفيف الحبوب جيداً إلى أقل من المستوى الحرج .

ومن الفطريات التي تنمو تحت ظروف الرطوبة الأعلى قليلاً من النسبة الحرجة فطريات : *Aspergillus halophilicus* ، و *A. restrictus* ، و *A. glaucus* . وعند نمو هذه الفطريات ، ترتفع الحرارة ، وتزداد الرطوبة الناتجة عن التنفس ؛ مما يؤدي إلى زيادة تدهور المواد المخزونة . ويتبع نمو هذه الفطريات نموٌّ أنواع أخرى ترتبط في نموها بالمحتوى الأعلى من الرطوبة ؛ حيث يتوالى تغير العشائر الفطرية تبعاً لزيادة الرطوبة . وعندما ترتفع الرطوبة تنمو جميع هذه الأنواع الفطرية ، وتتنافس فيما بينها .

وتعمل زيادة الرطوبة على ١٤-١٥٪ إلى زيادة عشائر الفطرين *A. glaucus* و *A. restrictus* على حساب الفطر *A. halophilicus* ، ثم يزداد الفطر *A. candidus* بعد

فترةٍ ، وعندما تزداد الرطوبة يسود الفطر *A. flavus* على حساب الجميع بعد ذلك (Christensen & Sauer, 1982) .

وتعتبر درجة الحرارة المثلى لنمو معظم فطريات المخزن storage fungi عالية نسبيًا ، تصل إلى حوالى ٣٠°م ، بينما تتحمل بعض فطريات المخزن درجات حرارة أعلى من ذلك ؛ حيث إن بعضها ينمو فى درجات حرارة أعلى من ٤٠°م (Ayerst, 1969) .

وتقدر بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* على الإنبات عند نشاطٍ مائىٍ $0.78 - 0.80_{aw}$ ، ومع ذلك فهى تحدث تلوثاتٍ خطيرةً للحبوب المخزونة عند محتوى رطوبةٍ أعلى من ١٨٪ (حوالى 0.85_{aw} عند ٢٠°م) .

وعادة ما تظهر نموات الفطر *Penicillium brevicompactum* أولا ، ثم يتبعه نمو الفطر *P. verrucosum* عندما يزداد النشاط المائى قليلا ، وعندما يزداد النشاط المائى لأعلى من 0.90_{aw} فإن هذه الفطريات تستبدل بالفطر *P. hordei* وغيره ، فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة يحل الفطر *P. capsulatum* محل الجميع عندما تصل الحرارة إلى حوالى ٣٠°م ، وإذا ارتفعت الحرارة إلى ٣٥°م نشط الفطر *P. piceum*؛ حيث يكون النشاط المائى قد وصل إلى 0.92_{aw} أو أعلى من ذلك (Magan & Lacey, 1984 a,b) .

ويعتبر التداخل بين تأثير درجات الحرارة والنشاط المائى مؤثرا فى مشاكل حفظ حبوب النجيليات فى المخزن . وبصفةٍ عامةٍ ، فإن الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi هى أكثر الفطريات تحملاً لانخفاض النشاط المائى ، وهى ذات درجة حرارةٍ مثلى للنمو قريبة من درجة تخزين هذه الحبوب .

ويؤدى توليد الحرارة خلال عملية العفن إلى معادلة قلة النشاط المائى فى المادة المخزنة ، بينما على العكس من ذلك ، فإن انخفاض الحرارة يؤدى إلى ارتفاع قيمة النشاط المائى .

وتنمو معظم فطريات المخزن ببطءٍ شديدٍ عند درجة حرارةٍ أقل من ١٢°م بصرف النظر عن محتوى رطوبة المادة المخزنة ؛ وعلى ذلك فإنه يمكن تخزين المنتجات الزراعية ذات المحتوى المرتفع من الرطوبة – والذى يصل إلى ١٦٪ – دون فسادها

إذا تم خفض درجة الحرارة إلى حوالى ١٠°م . ولكن إذا ارتفعت الرطوبة إلى أعلى من ٢٠٪ ، فإن فطريات الحقل تنشط متحملة انخفاض درجة الحرارة وتفسد المنتج الزراعى .

ولقد أوضحت التجارب أن حبوب الذرة والقمح يمكن تخزينها لسنواتٍ دون فسادٍ إذا كان محتوى الرطوبة ١٥-١٦٪ ؛ وذلك عند درجة حرارة تتراوح بين ٥°م و ١٠°م (Papavizas & Christensen, 1958) .

وتعمل فطريات المخزن على تغير صفات المنتجات الزراعية المخزونة بدرجاتٍ متفاوتةٍ ، فقد تصبح حبوب النجيليات المحفوظة عديمة اللون ، وقد تفسد الحبوب والبذور الزيتية نتيجة أكسدة الزيوت الموجودة بها ؛ معطية نكهة متزنخة rancid flavours ؛ مما يجعلها غير صالحةٍ للاستهلاك الادمى ، وقد يفقد الجنين حيويته ويموت (Warnock, 1971) .

وتظهر نتيجة الدراسات – التى أجريت على النشاط الإنزيمى لفطريات المخزن – أن هذه الفطريات ذات قدرةٍ محدودةٍ على إنتاج الإنزيمات المحللة للسيليلوز ، فى حين أن بعض الفطريات الأخرى التابعة لمجموعة الفطر *Aspergillus glaucus* تنتج الإنزيم المحلل للزيوت lipase ، والإنزيم المحلل للرابطة الجليكوزيدية glycosidase β-1-4 ، إلا أنها قليلة فى إنتاجها لإنزيم تحليل النشا amylase وإنزيم تحليل الزيلان xylanase ؛ وذلك بالمقارنة بالفطر *A. flavus* وغيره من الأنواع .

وعلى ذلك ، تعتبر الفطريات التابعة لمجموعة *A. glaucus* بادئاتٍ للفساد فى الحبوب تحت ظروف النشاط المائى المنخفض ؛ حيث تقوم بمهاجمة الجنين ؛ نظراً لارتفاع نسبة السكريات والزيوت فيه بالمقارنة بالإندوسبرم ذى المحتوى النشوى العالى والنشاط المائى المنخفض (Flannigan, 1970) .

وعلاوةً على ما سبق ، فإن الحبوب المتعفنة بواسطة هذه الفطريات قد تصبح عديمة الفائدة تماماً ؛ وذلك راجع إلى تراكم السموم الفطرية (التوكسينات الفطرية mycotoxins) ، حيث إن هناك عديداً من فطريات المخزن منتجة لمثل هذه السموم الخطيرة بكمياتٍ كبيرةٍ . وتسبب هذه السموم مشاكل صحية للإنسان والحيوان لا حصر لها إذا لوثت الغذاء ، ولعل أكثرها شهرةً الأفلاتوكسينات Aflatoxins .

وبعض السموم الفطرية ذات تأثير مسرطن carcinogens ؛ مثال ذلك الأفلاتوكسين الذى ينتجه الفطر *Aspergillus flavus* فى حبوب الفول السودانى وحبوب النجيليات. ولقد اكتشف هذا التوكسين لأول مرةٍ فى مزرعة تربية ديوكٍ روميةٍ ؛ حيث ماتت نسبة عالية منها نتيجة التغذية على علفٍ مصنوع من حبوب الفول السودانى الملوثة بالفطر (Asplin & Carnaghan, 1961) . ويعتبر الفطر *A. flavus* من الفطريات غير المتحملة للجفاف ؛ حيث يبدأ فى النمو عندما يصل محتوى الرطوبة حوالى ١٨٪.

ومن السموم الأخرى التى تفرزها فطريات المخزن الاوكراتوكسين Ochratoxin المفرز من الفطر *A. ochraceus* ، والتوكسين روبراتوكسين *Rubratoxin* المفرز من الفطر *Penicillium rubrum* . ولقد أوضح (1957) Burnside et al بالتجربة العملية أنه عند إنماء الفطر *P. rubrum* على الذرة ثم تغذية الخنازير عليه ، فإنها تموت خلال أيامٍ قليلةٍ نتيجة تلف وظائف الكبد والكلى .

ومن الأضرار الصحية الأخرى الناتجة عن فطريات المخزن ، أن بعضها يسبب حساسية للجهاز التنفسى للعاملين ؛ حيث ينتج ذلك عن جراثيم الفطر *Aspergillus fumigatus* ؛ لذلك يسمى هذا المرض aspergillosis . ولا يعتبر الفطر السابق من الفطريات المتحملة للجفاف، ولكنه يوجد فى الظروف الرطبة الدافئة ؛ حيث تلائمه درجة حرارة ٤٠°م (Magan & Lacey, 1984 a). وقد يؤدى التعرض لفطريات المخزن إلى بعض أمراض الحساسية الأخرى التى تصيب الرئة لدى المزراعين Farmer`s lung disease (Neergaard, 1977) .

وهناك حالة مرضية أخرى تصيب رئة العاملين فى الأماكن المزدحمة malthouse worker`s lung disease ، تتسبب عن استنشاق الغبار الملوث بجراثيم الفطر *Aspergillus clavatus* . كما يؤدى التعرض الدائم لجراثيم هذا الفطر إلى الحساسية الزائدة للجليكوبروتينات الفطرية hypersensitivity to the fungal glycoproteins ، وكذلك إلى بعض المشاكل الصحية الأخرى ؛ مثل الإحساس بالاختناق ، والنزيف الدموى . ويؤدى استمرار تعرض العاملين لمثل هذه المشاكل الصحية بصورةٍ دائمةٍ إلى تدهور صحتهم نتيجة التلوث (Blyth, 1978)

٥ – فسيولوجيا تأقلم الفطريات للنمو تحت ظروف قلة الرطوبة:

تعود معظم المعلومات الخاصة بالنظم الفسيولوجية التى تسمح للفطريات بالنمو تحت ظروف الضغط المائى المنخفض إلى دراسة الخمائر ، وخاصة *Saccharomyces rouxii* . وتعتبر معظم الخمائر المتحملة لانخفاض الضغط المائى أيضا متحملة لزيادة الأسموزية أكثر منها محبة لها .

ويبدو أن تحمل الأحياء الدقيقة للضغوط المائية المنخفضة يعتمد على قدرتها على تأقلم ظروفها الداخلية على ذلك . فعلى سبيل المثال ، تتراكم المواد المتحكمة فى الأسموزية osmoregulatory substances من البيئة المحيطة ، أو قد يتم تخليقها داخل خلايا الفطر . وتعمل هذه المواد على خفض الضغط المائى الداخلى؛ بحيث يكون أقل من الضغط المائى الخارجى ؛ مما يسمح بعدم فقد الماء من خلايا الكائن الدقيق . وتستمر هذه الخلايا منتفخة ولا تتبلزم .

وترجع هذه الآلية فى الفطريات إلى وجود الجليسرول glycerol والكحولات عديدة الهيدروكسيل (polyhydric alcohols (polyols فى مقاومة التأثير المعاكس للضغوط المائية . وتتراكم هذه المواد فى الكائنات الحية المتحملة للاسموزية osmotolerants ، والمتحملة للجفاف xerotolerants فى البيئات ذات الضغوط المائية المنخفضة (Hocking & Norton, 1983) .

ففى خميرة *Saccharomyces rouxii* توجد نسبة عالية من الجليسرول تقدر بحوالى ٩-١٥٪ من الوزن الجاف للخلايا (Brown, 1974) ، وتعتبر هذه النسبة معتادة فى الفطريات النامية تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة .

ويطلق على الكحولات العديدة الهيدروكسيل polyols اسم المواد المذابة المتوافقة compatible solutes ، حيث يرجع ذلك إلى عدم تداخلها فى التمثيل الغذائى للخلية الفطرية ، كما تتحمل الخلية وجود هذه الكحولات بتركيزات عالية . ويعتبر الجليسرول مركبا نموذجيا فى مثل هذه الحالات ؛ حيث يتميز بأنه قليل الارتباط بالبروتين ؛ وبالتالى فهو لا يسبب تثبيطا للإنزيمات (Adler, 1978) .

وتعمل معظم الفطريات على تكوين هذه الكحولات خلال دورات التمثيل الغذائى ، ثم تقوم بتخزينها كمادة غذائية مدخرة (Lewis & Smith, 1967) . ويزداد بناء هذه الكحولات فى جميع الفطريات إذا تعرضت لظروف مائية متوترة .

ومع ذلك ، فإن الاختلاف الفسيولوجى الرئيسى بين الفطريات التى يمكنـــها النمـــو تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة وتلك التى لا تستطيع ذلك ، هو أن الأخــــيرة تظهر زيادةً فى فقد الكحولات العديدة الهيدروكسيل polyols من الـــهيفات الفطريـــة ؛ وذلك عند زيـــادة التركيـــز الداخلى ، وهذا لا يحدث فى الفطريات المتحملـــة للتوتـــر المائى water stress .

وتعتبر قدرة بعض الفطريات فى الاحتفاظ بتركيزاتٍ عاليةٍ من هـــذه الكحـــولات العديدة الهيدروكسيل من العوامل المحددة لتحملها الضغوط المائيـــة المنخفضة فى البيئة التى تنمو فيها ؛ حيث لا يحتاج الفطر – تحت هذه الظروف – إلـــى تحويـــل مســـار دورات التمثيل الغذائى لتكوين هذه الكحولات ؛ مما يوفر كثيـــراً من الطاقـــة التـــى يمكن أن يستهلكها الفطـــر فى بـــناء ما يحتـــاج إليـــه من مركباتٍ حيويةٍ أخرى هامةٍ (Edgley & Bown, 1983) .

ويؤدى تراكم الأيونات والجزئيات غير المتأنية non-electrolytes فى ســـيتوبلازم هيفات الفطر – نتيجة دخولها من الوسط الخارجى المرتفع الاسموزية – إلى خفـــض الضغط المائى الداخلى . وتعتبر هذه الوسيلة طريقة سريعة لتعديـــل الضغـــط المـــائى الداخـــلى ؛ بحيث يستطيع الفطر ضبط الأسموزية داخل هيفاته ، دون أن يقوم بتخليق كمياتٍ إضافيةٍ من الكحولات عديدة الهيدروكسيل (Luard, 1982,a,b,c) .

وفى الفطر البحرى *Dendryphiella salina* ، يعمل دخول بعض الأيونات من بيئة المياه المالحة – التى ينمو فيها الفطر إلى داخل هيفاته – على التحكم فـــى الـــدورات البنائية الخاصة بتخليق الكحولات عديدة الهيدروكسيل ؛ فعلى سبيل المثال يؤدى تراكم أيون الصوديوم إلى تخليق الجليسرول ، بينما تتكون كحولات أخرى داخل بروتوبلازم هيفات الفطر إذا تراكم أيون الماغنسيوم (Wethered et al, 1985) .

ومن المحتمل أن يكون للكحولات عديـــدة الهيدروكســـيل polyols – المتكونـــة داخـــل خلايا هيفات الفطـــر – دوراً فى نموها تحت ظـــــروف الضغـــوط المائيـــة المنخفضة . فعلى سبيل المثـــال، فإن الإنـــزيمات الموجـــودة فى الفطـــريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi ليست متأقلمـــة للعمـــل تحت ظروف الضغوط المائيـــة المنخفضة (Brown, 1976) . ويبدو أن دور الكحولات عديدة الهيدروكسيل يشمـــل حماية الإنزيمات الفطرية من تأثير الضغوط المائية المنخفضة داخـــل هيفـــات الفطـــر النامى تحت ظروف التوتر المائى .

ولقد وجد أن الحمض الأمينى برولين proline ذو قدرة تنظيمية فى بعض الفطريات الأولية ؛ حيث يعتقد أنه يقوم بنفس الدور الذى تقوم به الكحولات عديدة الهيدروكسيل؛وذلك عن طريق تحول المناطق المحبة لماء hydrophobic ذات العدد الكبير من جزئيات الماء لكل جانب إلى مناطق كارهة للماء hydrophilic ذات أعداد أقل من جزئيات الماء لكل جانب . كما يعتقد أن الكحولات عديدة الهيدروكسيل تقوم بحماية الإنزيمات من التأثيرات المثبطة الناتجة عن زيادة تركيز أيونات الصوديوم والماغنسيوم .

وتعتبر الخمائر المتحملة للاسموزية العالية osmotolerant yeasts – والتى تنمو فى كل من المواد العالية الملوحة والشديدة التسكر – أنها أكثر تحملا للضغوط المائية المنخفضة ؛ وذلك عند نموها فى التركيزات العالية من السكر (Onishi, 1963) .

فعلى سبيل المثال تتحمل خميرة *Saccharomyces rouxii* الضغوط المائية المنخفضة حتى 0.60_{aw} ؛ وذلك عندما يستعمل السكر فى ضبط الضغط الأسموزى osmotic potential ، بينما لا تتحمل تلك الخميرة ذلك إذا استعمل ملح كلوريد الصوديوم فى ضبط الضغط الأسموزى ؛ حيث يلعب التركيز العالى من أيونات الصوديوم والكلوريد دورا مثبطا لنمو هذه الخميرة .

وهناك بعض فطريات العفن التى تستطيع تحمل الجفاف ؛ مثال ذلك فطريات *Monascus (Xeromyces) bisporus* و *Aspergillus amstelodami* ، و *A. repens* ؛ حيث تنمو هذه الفطريات عند ضغط مائى أعلى من 0.98_{aw} (Flannigan & Bana, 1980) .

وتفشل مثل هذه الفطريات فى النمو على البيئات المعتاد استعمالها فى المعمل ، إلا أنه يمكن مصادفتها عند استعمال بيئات ذات تركيزات سكرية عالية . ويبدو أن نمو هذه الفطريات على البيئات ذات الضغوط المائية العالية يؤدى إلى خلل الغشاء السيتوبلازمى وجسيمات الخلية . فمثلا وجد أن الفطر *Aspergillus sejunctus* يفشل فى النمو فى التركيزات العالية من الماء ؛ حيث يعزى ذلك إلى انخفاض التمثيل الغذائى للبروتين ونقص تكوين إنزيمات التنفس (Stevens et al., 1983) .

ومن ناحية أخرى ، تظهر جراثيم الفطريات القاطنة للبيئات الجافة تأقلما ملحوظا على الاحتفاظ بحيويتها خلال فترات الجفاف الطويلة . ويعتقد أن ذلك يرجع إلى

حماية الغشاء السيتوبلازمى لها عن طريق وجود سكر الترايهالوز trehalos والذى يتم بناؤه خلال نضج وجفاف هذه الجراثيم .

ويؤدى جفاف الأغشية السيتوبلازميـــة فى غياب سكر الترايهالوز إلـــى تغـــيرات مورفولوجية ؛ حيث تكوّن الفوسفوليبيدات مركباتٍ معقدةً متبلورةً ، بينما يعمل وجـــود الترايهالوز على حماية هذه الأغشية السيتوبلازمية من التلـــف ؛ وذلـــك عـــن طريـــق تعويض مجاميع الهيدروكسيل فى المجاميع المتأينة بالغشاء .

سابعاً - المراجع References :

Adler. L. (1978) . Properties of alkaline phosphatase of the halotolerant yeast *Debaryomyces hansenii* . Biochimica et Biophysica Acta. 522 : 113 - 121 .

Ahmed. M. A. ; I. S. Elewa and A. M. Mostafa (1994) . The perfect state of *Rhizoctonia solani* Kuhn. In Egypt. 5th Conf. Agric. Dev. Res., Fac. Agric.. Ain Shams Univ. Cairo. Egypt. 1 : 147 - 158 .

Apins. A. E. and G. H. F. Pugh (1967) . Thermophilous fungi of birds nests. Mycopathologia et Mycologia Applicata. 33 : 1 - 9.

Asplin. F. D. and R. B. A. Carnaghan (1961) . The toxicity of certain groundnut meals for poultry with special reference to their effect on ducklings and chickens. Veterinary Recorder. 73 : 1215 - 1219 .

Atlas. R. M. and R. Bartha (1993) . Microbial Ecology. fundamentals and applications - 3ed - The Benjamin/cummings Pub. Comp. Inc. New York p. 279 .

Ayerst. G. (1969) . The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi - Journal of Stored Product Research. 5 : 127 - 141 .

Bisset. J. and D. Parkinson (1979) . Distribution of fungi in some alpine soils - Canadian Journal of Botany. 57 : 1609 - 1629 .

Blyth. W. (1978) . The occurrence and nature of alveolitis - inducing substances in *Aspergillus clavatus*. Clinical Experimental Immunology. 32 : 272 - 282 .

Broad. T. E. and M. G. Shepherd (1971) . Purification and properties of glucose-6-phosphate dehydrogenase from the thermophilic fungus *Penicillium dupontii* . Biochimica et Biophysica Acta. 198 : 407 - 414.

Brown. A. D. (1974) . Microbial water relations : features in the intracellular compostion of sugar-tolerant yeasts Journal of bacteriology. 118 : 769 - 777 .

Brown. A. D. (1976) . Microbial water stress . Bacteriological Reviews. 40 : 803 - 846 .

Burnside. J. E. ; W. L. Shippel ; J. Forgacs et al. (1957) . A disease of swine and cattle caused by eating moldy corn . Experimental production with pure culture of molds . American Journal of Veterinary Research. 18 : 817 - 824 .

Chang. Y. (1967) . The fungi of wheat straw compost II . Biochemical and physiological studies . Transactions of British mycological Society. 50 : 667 - 677 .

Chang. Y. and H. J. Hudson (1967) . The fungi of wheat straw compost. I-Ecological studies. Transactions of British mycological Society. 50 : 649 - 666 .

Christensen. M. (1981) . Species diversity and dominance in fungal communities. in Fungal Community. (eds D. T. Wicklow and G. C. Carroll) . Marcel Dekker. New York. pp. 201 - 232 .

Christensen. C. M. and D. B Sauer (1982) . Microflora. in (Storage of cereal grains and their products) - (ed. C. M. Christensen) . American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul. Minnesota USA. pp. 219 - 240 .

Crisan. E. V. (1969) . The proteins of thermophilic fungi. in Current Topics in Plant Senesce (ed. J. E. Gunckel) . Academic Press. New York. pp. 32 - 33 .

Demel. R. A. and B. De Kruyff (1976) . The function of sterols in membranes . Biochimica et Biophysica Acta. 457 : 109 - 132 .

Dexter. Y. and R. C. Cooke (1984) . Fatty acids. sterols and carotenoids of the psychrophile *Mucor strictus* and some mesophilic *Mucor* spp. Transactions of the British mycological Society. 83 : 455 - 461 .

Dix. N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology ed. Chapman & Hall. Cambridge. England. 497. pp.

Dowding. P. and P. Widden (1974) . Some relationships between fungi and their environment in tundra regions. in soil organisms and decomposition in tundar. (eds. A. J. Holding ; O. W. Heal ; S. F. Maclean and P. W. Flanagan). Tundra Biome Steering Committee. Stockholm. pp. 123- 150.

Edgley. M. and A. D. Brown (1983) . Physiological changes induced by solute stress in *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces rouxii*. Journal of General Microbiology. 129 : 3453 - 3463 .

Elmholt. S. and A. Kjoller (1987) . Measurement the length of fungal hyphae by the membrane filter technique as a method for comparing fungal occurrence in cultivated field soils. Soil Biology and Biochemistry. 19 : 679 - 682 .

Eslyn. W. E. ; T. K. Kirk and M. J. Effland (1975) . Changes in the chemical composition of wood caused by six soft-rot fungi. Phytopathology. 65 : 473 - 476 .

Esser. A. F. (1979) . Physical chemistry of thermostable membranes in strategies of microbial life in extreme Environments (ed. M. Shilo) . Verlag Chemie. Berlin. pp. 433 - 454 .

Flannigan. B. (1969) . Microflora of dried barley grains. Transactions of the British mycological Society. 53 : 371 - 379 .

Flannigan. B. (1970) . Degradation of arabinoxylan and carboxymethyl cellulose by fungi isolated from barley Kernels. Transactions of the British mycological Society. 55 : 277 - 281 .

Flannigan. B. and M. S. O. Bana (1980) . Growth and enzyme production in aspergilli which cause deterioration in stored grain. in Biodeterioration (Proceeding of the 4th International symposium Berlin) . (eds T. A. Oxley. D. Allsopp and G. Becker) . London. pp. 229 - 236 .

Flannigan, B. and P. N. Shellars (1972). Activities of thermophilous fungi from barley kernels against arabinoxylan and carboxymethyl cellulose - Transactions of the British mycological Society, 58 : 338 - 341 .

Frankland, J. C. (1975) . Fungal decomposition of leaf litter in a deciduous wood. in Biodegradation et Humification (eds G. K. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey and J. A. Cancella da Fonseca) . Pierron, Sarreguemines, pp. 33 - 40 .

Hammond, D. P. and S. N. Smith (1986) . Lipid composition of a psychrophilic, a mesophilic and a thermophilic *Mucor* species. Transactions of the British mycological Society, 86 : 551 - 560 .

Harrison, R. and G. G. Lunt (1980) . Biological membranes, their structure and function. 2nd ed. Blackei, Glasgow.

Hedger, J. N. (1975) . Ecology of thermophilic fungi in Indonesia, in Biodegradation et humification (eds G. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey and J. A. Cancella Da Fonseca) . Pieron, Sarreguemines, pp. 59 - 65 .

Hocking, A. and R. S. Norton (1983) . Natural - abunance ^{13}C nuclear magnetic resonance studies on the internal solutes of xerophilic fungi . Journal of General Microbiology, 129 : 2915 - 2925 .

Jain, M. K. ; K. K. Kapoor and M. M. Mishra (1979) . Cellulase activity, degradation of cellulose and lignin, and humus formation by thermophilic fungi . Transaction of the British mycological Society, 73 : 85 - 89 .

Jay, J. M. (1987) . Meats, poultry and seafood, in food and beverage mycology, (ed. L. R. Beuchat) . Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 155 - 173 .

Kerekes, R. and G. Nagy (1980) . Membrane lipid composition of a mesophilic and psychrophilic yeast. Acta Alimentaria, 9 : 93 - 98 .

Lacy, J. (1975) . Potential hazards to animals and man from microorganisms in fodder and grain . Transaction of the British mycological Society, 65 : 171 - 184 .

Lewis, D. H. and D. C. Smith (1967) . Sugar alcohols (polyols) in fungi and green plants. I. Distribution, physiology and metabolism. New Phytologist, 66 : 143 - 184.

Lockwood, J. L. (1977) . Fungistasis in soils - Biological Reviews, Cambridge, 52 : 1 - 43 .

Luard, E. J. (1982 a) . Accumulation of intracellular solutes by two filamentous fungi in response to growth at low steady state osmotic potential. Journal of General Microbiology, 128 : 2563 - 2574 .

Luard, E. J. (1982 b) . Growth and accumulation of solutes by *Phytophthora cinnamomi* and other lower fungi in response to changes in external osmotic potential. Journal of Genral Microbiology, 128 : 2583 - 2590 .

Luard, E. J. (1982 c) . Effect of osmotic shock on some intra-cellular solutes in two filamentous fungi . Journal of of Genreal Microbiology, 128 : 2575 - 2581 .

Lynch, J. M. and E. Bragg (1985) . Microorganisms and soil aggregate stability. Advances in Soil Science, 2 : 133 - 171 .

Magan, N. and J. Lacey (1984 a) . Effect of temperature and pH on waterrelations of field and storage fungi . Transactions of the British mycological Society, 82 : 71 - 81

Magan, N. and J. Lacey (1984 b) . Effect of water activity, temperature and substrate interactions between field and storage fungi Transactions of the British mycological Society, 82 : 83 - 93 .

Mishustin, E. N. (1975) . Microbial association of soil types-Microbial Ecology, 2 : 97 - 118 .

Mumma, R. O. , R. D. Sekura and C. L. Fergus (1971) . Thermophilic fungi. II.Fatty acid composition of polar and neutral lipids of thermophilic and mesophlici fungi. Lipids, 6 : 584 - 588 .

Nagel-de Boois, H. M. and E. Jansen (1971) . The Growth of fungal mycelium in forest soil layers . Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, 8 : 509 - 520 .

Neergaard, P. (1977) . Seed Pathology, Vol. 1, Macmillan, London .

Onishi, H. (1963) . Osmophilic yeasts. Journal of Advanced Food Research, 12 : 53 - 94 .

Papavizas, G. C. and C. M. Christensen (1958) . Grain storage studies . 26. Fungus invasion and deterioration of wheats stored at low temperatures and moisture contents of 15 to 18 per cent. Cereal Chemistry, 35 : 27 - 34 .

Pegler, D. N. , B. M. Spooner and R. I. Lewis Smith (1980) . Higher fungi of Antarctica, the subantarctic zone and Falkland islands. Kew Bulletin, 35 : 500 - 562 .

Pugh, G. J. F. and D. Allsop (1982) . Microfungi on signy island, south orkney island . British Antarctic Survey Bulletin, 57 : 55 - 67 .

Rose, A. H. (1962) . Biochemistry of the psychrophilic hebit : Studies on the low maximum temperature, in recent progress in microbiology, VIII[th] International Congress for Microbiology, University of Toronto Press, Montreal, pp. 193 - 200 .

Rosenberg, S. L. (1978) . Cellulose and lignocellulose degradation by thermophilic and thermotolerant fungi. Mycologia, 70 : 1 - 13 .

Schmiedeknecht, M. (1960) . Feuchtigkeit als standort Faktor fur mikroskopische Pilze. Zeitschrift fur Pilzkunde, 25 : 69 - 77 .

Sewell, G. W. F. (1959) . Studies of fungi in a *Calluna* heathland soil - I - Vertical distribution in soil on root surfaces . Trans. Brit. mycol. Soc. 42 : 343 - 353 .

Silverman, M. P. and E. F. Munoz (1970) . Fungal attack on rock : solubilization and altered infrared spectra. Science, 169 : 985 - 987 .

Sinensky, M. (1974) . Homeoviscous adaptation - a homeostatic process that requlates the viscosity of membrane lipids in *Escherichia coli*. Proceedings of the National Academy of Science, 71 : 522 - 525 .

Smith, W. L. ; H. E. Moline and K. S. Johnson (1979) . Studies with *Mucor* Species causing post harvest decay of fresh produce. Phytopathology, 69 : 865 - 869 .

Stenesh, J. and C. Yang (1967) . Characterization and stability of ribosomes from mesophilic and thermophilic bacteria . Journal of Bacteriology, 93 : 930 - 936 .

Stevens, L. ; N. J. Dix and A. Thompstone (1983) . Effects of high water actovity on growth and metabolism in *Aspergillus sejunctus*. Transactions of the British mycological Society, 80 : 527 - 571 .

Sumner, J. L. and E. D. Morgan (1969) . The fatty acid composition of sporangiospores and vegetative mycelium of temperature-adapted fungi in the order Mucorales. Journal of General Microbiology, 59 : 215 - 221 .

Sumner, J. L ; E. D. Morgan and H. C. Evans (1969) . The effect of growth temperature on the fatty acid composition of fungi in the order Mucorales - Candian Journal of Microbiology, 15 : 515 - 520 .

Tubaki, K. (1961) . Notes on some fungi and yeasts from Antarctica. Antorctic Record, 11 : 161 - 162 .

Warnock, D. W. (1971) . Assay of fungal mycelium in grains of barley including the use of fluorescent antibody technique for individual fungal species. Journal of General Microbiology, 67 : 197 - 205 .

Weete, J. D. (1980) . Lipid Biochemistry of fungi and other organisms, Plenum, New York.

Wethered, J. M. ; E. Metcalf and D. H. Jennings (1985) . Carbohydrate metabolism in the fungus *Dendryphiella salina*. VIII . the contribution of polyols and ions to the mycelial solute potential in relation to the external osmoticum. New Phytologist, 101 : 631 - 650 .

Widden, P. (1986) . Seasonality of forest soil microfungi in southern Quebec. Canadian Journal of Botany, 64 : 1413 - 1423 .

Widden, P. (1987) . Fungal communities in soils along an elevation gradient in Northern England. Mycologia, 79 : 298 - 309 .

Widden, P. and J. J. Abitol (1980) . Seasonality of *Trichoderma* species in a spruce forest soil. Mycologia, 72 : 775 - 784 .

Wynn-Williams, D. D. (1980) . Seasonal fluctuations in microbial activity in Antarctic moss peat . Biological Journal of the Linnean Society, 14 : 11 - 28 .

Zadrazil, F. (1980) . Conversion of different plant waste into feed by basidiomycetes . European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, 9 : 243 - 248 .

ثامناً - الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح :

يعتبر شاطئ المدينة الساحلية روك همبتون Rockhampton من أكـثر المنـاطق السياحية الواقعة على الساحل الشمالى لأستراليا ؛ حيث توجد به مزرعة ضخمة لتربية التماسيح على مساحة قدرها ١٣٣ هكتـارا ، تـزرع حولـها أشجـار الأوكـاليبتوس eucalyptus المعروفة ، والتى تستعمل أوراقها وأزهارها فـى الأغـراض الطبيـة ،

وكذلك أشجار المانجروف mangroves التى تنمو على شواطئ البحـــر والـــبرك ذات المياه المالحة .

ويتعرض ساحل هذه المدينـــة للمد والجزر ؛ حيث يرتفع سطح البحر خلال المـــد إلى حوالى أربعة أمتار ؛ ولذلك تم مـــد الطرق الموصلة إلى مزرعة التماسيح ، بحيث تكون مرتفعة بعدة أمتار حتى لا تغمرها مياه البحر .

ويمكن القول بأن هذه المزرعة هى أكبر مزرعة تماسيح فى العـــالم ؛ حيـــث تـــم إنشاؤها عام ١٩٨١ ، وبدأت بتسعة تماسيح بريةٍ صغيرةٍ ، ثم زاد عددها مـــع الوقـــت وتكاثرت فى الأسر حتى أصبحت إحـــدى المزارات السياحية الهامة فـــى أســـتراليا . وتعرض هذه المزرعة بعض المنتجات المصنعة من جلود التماسيح ؛ مثـــل الحقـــائب والأحذية والأحزمة والمحافظ للبيع كتذكاراتٍ للسائحين ، كما تقـــدم المطـــاعمُ لحـــوم التماسيح فى وجباتٍ غذائيةٍ شهيةٍ غير تقليديةٍ .

واتبعت مزرعة التماسيح هذه سياسة تهدف إلى زيادة تكاثر التماسيح فى الأســـر ؛ حيث وضعت أول بيضةٍ فى شهر أكتوبـــر ١٩٨٥ . وعلى الرغم مـــن تزايـــد نســـبة وضع البيض فى المزرعـــة ، إلا أن نسبة الفقـــس كانت قليلـــة . وفـــى عـــام ١٩٨٨ ظهـــرت المشـــكلة أكثـــر وضوحاً ؛ حيث تناثر البيـــض دون فقـــسٍ فـــى عشـــوش التماسيح ، كما ظهرت أعراض الضعف والهزال على صغار التماسيح ، وسرعان مـــا كانت تموت . وأدى ذلك إلى تدهور المزرعة عام ١٩٩٠ ؛ حيث بلـــغ معـــدل مـــوت التماسيح الصغيرة تسعة حيـــوانات يومـــيًّا ، وانخفـــض تعـــداد حيـــوانات المزرعـــة إلى النصف .

ونظراً لما أنفق على المزرعة من وقتٍ ومجهودٍ وتكاليف باهظةٍ ، فإن الخسائر التى منيت بها كانت من الشدة بحيث كادت تقضى على المشروع بأكمله ، كما أن تكـــاليف تربية التماسيح الصغيرة كانت عالية ؛ حيث إنه يحتاج إلى حوالى ٢ - ٤ سنوات مـــن العناية والتغذية حتى يصبح الحيوان ذا قيمةٍ اقتصاديـــةٍ؛ حيث يتراوح طوله - عندئذ - بين متر ونصفٍ ومترين .

ولخطورة موقف هذه المزرعة ، تمت دراسة الحيوانات المريضة والبيـــض الـــذى تضعه الإناث داخل عشوشها دون أن يفقس ، وتمت دراسات تشريحية شملت فحـــص عيناتٍ دوريةٍ من أنسجة الحيوانات المصابة والميتة ؛ وذلـــك بعـــد صبغـــها بطريقـــة

Periodic Acid Schiff ، حيث أوضحت النتائج وجود هيفاتٍ فطريةٍ علـــى القـــروح الموجودة فى أنسجة الكبد والرئة والأمعاء الدقيقـــة والأحشـــاء الداخليـــة للحيوانـــات المريضة.

ولقد أُخِذَتْ عينات من هذه الأنسجة الحيوانية ، ثم عُقّمت سطحيًا لعزل الفطريـــات منها ؛ حيث استعملت بيئة تحتوى على نصف تركيز بيئة اجار مستخلص البطـــاطس والدكستروز PDA ، وكذلك بيئـــة اجار سابرود-دكستروز Sabouraud`s Dextros Agar ؛ حيث ظهر النمو الميسليومى على سطـــح بيئة الاجار بعد فترةٍ من التحضين ، ثم تم تعريف الفطر على أنه *Fusarium solani* (Mart) Sacc. ، وطوره الكامل هو الفطر الأسكى *Nectria haematococca* Berk & Broome .

وأظهر الفحص الدورى للحيوانات المريضة أن الفطر الممرض يســـبب أمراضـــاً مختلفة لهذه الحيوانات ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد أن صغار التماســـيح تظـــهر عليـــها الأعراض على صورة جفـــاف الجلد وفقدان الشهية ؛ مما يؤدى إلـــى امتناعـــها عـــن تناول غذائها لفتراتٍ طويلةٍ فتصاب بالهـــزال ، ثم تظهر عليها قـــروح تنمـــو عليـــها هيفات الفطر ، وخاصة حول الفكوك والعيون ، وقد تنمو داخل تجويف الفم نفســـه فـــى الحيوانات البالغة.

واختلفت هذه القروح - التى يكونها الفطر الممرض - فى حجمها ، كما شوهـــدت مثل هذه القروح على أقدام الحيوانات المريضة وعلى بطنها . ولقد أدت شـــدة الإصابة فى بعض التماسيح البالغة عند منطقة الفكوك وتجويف الفم إلى أن بعـــض الحيوانـــات فقدت بعض أسنانها وأنيابها .

وأدى ظهور هذه الأعراض على تماسيح المزرعـــة إلى الاهتمام بعزل الفطريـــات من جميع الأماكن التى تعيش فيها هذه الحيوانات ؛ للتعرف علـــى مصـــدر العـــدوى والقضاء عليه ؛ حيث أُخذت عينات من هواء المزرعة ، ومن داخـــل عنـــابر تربيـــة الحيوانات ، وعينات أخرى من التربة ومن مياه المزرعة وأحواض التربية والأرضيات والجدران ، وكذلك من حظائر العلف ، ومن العلف نفسه المستخدم فى التغذية .

وتم عزل الفطريات من العينات السابق الحصول عليها؛ وذلك تحت ظروف المعمل على بيئاتٍ غذائيةٍ خاصةٍ . وأظهرت الدراسة وجـــود نمواتٍ فطريةٍ للفطر *F. solani* فى جميع العينات السابقة، وهذا يوضح مدى تلوث المزرعة بهذا الفطر الممرض .

وعلى الرغم من أن هذا الفطر من الفطريات الأرضية المترممة علـــى المخلفـــات النباتية – وأيضاً من فطريات التربة الممرضة للنبات – وقد تفرز بعض سلالاته مواد سامة (توكسينات) ، إلا أن بعض الباحـــثين قد أكد قدرة هذا الفطر على إصابة بعض الزواحف (Nelson et al., 1981)، وأيضاً بعضها يصيب الطيور (Roffe et al., 1989) والأســـماك (Smith et al., 1989) وعديـــدا من الحيـــوانـــات اللافقارية (Austwick, 1986) ، بل تصيب بعض سلالات هذا الفطر الحيوانات الثديية بما فيها الإنسان (Ripon, 1988) .

ولكن لم تذكر أية بحوثٍ سابقةٍ أن الفطر *F. solani* يصيـــب تماســـيح الكورانـــا Koorana crocodile (*Crocodylus porosus*) التى تنمو طبيعيًا فـــى أســـتراليا ، والتى يصل طولها إلى حوالى ستة أمتار ؛ وهى من الحيوانات البرية المتوحشة التى لا تتردد فى افتراس الإنسان . كما لم يذكر قبل ذلك إصابة هذه التماسيح بمثل هذا المرض الوبائى فى الأسر بحدائق الحيوان ، وربما يكون ذلك أول تقرير علمىّ يوضح القـــدرة المرضية لهذا الفطر الأرضى على إصابة التماسيح (Hibbed&Harrower, 1993).

ومن المحتمل أن تكون إصابة التماسيح بهذا الفطر تمـــت عـــن طريـــق الجـــروح الصغيرة التى تحدث فى جلد الحيوان خلال ممارسته لحياته اليومية . فعلى سبيل المثال تتم تربية الحيوانات الصغيرة بعد فقسها تحت ظروف المزرعة داخل حظائر خاصـــة، حيث تميل هذه الحيـــوانات إلى التجمع فوق بعضها .

وفى وقت تناولها غذائها ، تنطلق هـــذه التماسيح الصغيرة معا ، وقد تتشاحن مـــن أجل الحصول على كمية أكبر من الغذاء ، أو لكى تحصل على غذائها قبـــل غيرهـــا . ويؤدى ذلك – بطبيعة الحـــال – إلى حدوث خـــدوشٍ صغيرةٍ أو جروح غير عميقـــةٍ فى جلد هذه الحيوانات ، يدخل من خلالها هيفات الفطر الممرض .

وحيث إن صغار التماسيح ذات أسنان ومخالب حادةٍ إبـــرية الشـــكل ، تسبب مثـــل هذه الجـــروح والخـــدوش ، فـــإنه تم اتبـــاع بعـــض الإرشـــادات الصحيـــة للعنايـــة بتربية هذه التماسيح الصغيرة بحيث لا يصاب بعضها بجروح . كما أتبع الرش الدورى لحظائر التربية ببعض المطهرات الفطرية ، وكذلك إضافة مـــادة أيوديـــد البوتاســـيوم potassium iodide على غذاء التماسيح ، مع الاهتمام بالنظافـــة والتطـــهير المســـتمر اليومى للحظائر .

ومن ناحيةٍ أخرى ، تمت إضافة مادة نتروفورازون nitrofurazone – وهى مادة مضادة للميكروبات ، يتم استعمالها عادة فى برك تربية الحيوانات البحرية – إلى مياه حظائر تربية التماسيح الصغيرة بتركيز ١٠ ملليجرامات / لتر ماء . وعلى الرغم من جميع الإجراءات السابقة ، لم يؤدّ أى منها إلى خفض نسبة انتشار المرض ، ولم يقل معدل وفاة التماسيح الصغيرة المريضة .

ولقد أجرى Lord (1990) بعض اختبارات الحساسية لعزلات الفطر *F. solani* التى تم عزلها من التماسيح المريضة ، حيث أظهرت النتائج أن هذه العزلات تُظهر نوعاً من المقاومة لبعض المضادات الحيوية الفطرية المعتادة ؛ مثل : Amphotericin B و Ciclopirox ، و Clotrimazole ، و Flurocytocine ، و Isoconazole ، و Natamycin ، و Nystatin ، بينما أظهرت هذه السلالات الفطرية نوعاً من الحساسية للمضادات الحيوية Ketoconazole ، و Griseofulvin ، و Econazole ، و Tioconazole ، و Thiabendazole .

ولكن عند إضافة هذه المواد المضادة للحيوية إلى غذاء التماسيح ، سبب ذلك إنهاك هذه الحيوانات وضعفها ؛ مما أدى إلى مزيد من التدهور لحالتها الصحية ، ولم يؤدّ ذلك فى النهاية إلى أية نتائج مفيدةٍ . كما أن قليلاً من هذه المضادات الحيوية استعمل قبل ذلك فى مقاومة أمراض الزواحف ؛ مما يقلل من حجم المعلومات المتاحة التى قد تفيد فى علاج هذا المرض .

وفى منتصف عام ١٩٩١ ، أجريت محاولات عديدة لمقارنة حالة التماسيح الصغيرة المريضة التى تمت معاملتها بالمضادات الحيوية الفعالة مع تماسيح أخرى مريضةٍ غير معاملةٍ بالمضاد الحيوى . واستعمل فى هذه الدراسة تماسيح حديثة الفقس ؛ حيث تمت إضافة المضاد الحيوى إلى غذائها ، ثم حللت النتائج إحصائيًا .

وفى شهر أبريل ومايو عام ١٩٩١ ، تم الحصول على مزارع نقية من الفطر الممرض *F. solani* معزولةٍ من بيض التماسيح قبل فقسه ، وأظهرت النتائج أن هذا الفطر سائد على غيره من الفطريات الأخرى التى يمكن عزلها من البيض ؛ مثال ذلك: الفطر *Aspergillus* sp. والفطر *Paecilomyces* sp. .

وخلال موسم التربية ١٩٩٠/١٩٩١ ، تم الحصول على بيض التماسيح من ٢٦ عشًا من عشوش التربية ، وتم تحضين البيض صناعيًا بطريقةٍ مشابهةٍ لما يحدث فى

الطبيعة. وخلال فترة التحضين ، أخذت عينات من البيض من ٨ عشوش ، وعزل منها الفطريات من أجزاء مختلفةٍ من البيض ؛ مثل القشرة الخارجية ، والغشاء المخاطى الداخلى بعد الفقس ، وأنسجة الجنين الميت ، وكذلك من بيض غير مخصب ، ومن بيض اخر مخصبٍ فى مراحل مختلفةٍ من تكوين الجنين .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى وجود نموات ميسليوميةٍ كثيفة للفطر الممرض *F. solani* ، وتركز وجود هذه الهيفات الفطرية فى الكيس الهوائى لبعض البيض المصاب ، حيث أدى ذلك إلى عدم فقس البيضة .

كما أخذت عينات من المواد العضوية التى تغطى أرضية العشوش ؛ فظهر أن النموات الفطرية لنفس الفطر الممرض منتشرة عليها بغزارة . ولقد كان ذلك متوقعاً ؛ حيث إن هذه العشوش يتم بناؤها عن طريق أنثى التمساح . وتقوم هذه الإناث بجمع المواد العضوية - مثل أوراق الأشجار ، والأغصان المتساقطة على سطح التربة - وتنقلها بفمها إلى المكان المختار لبناء العش ؛ وعلى ذلك يجد الفطر الممرض - وهو من فطريات التربة - طريقه إلى عشوش التماسيح .

وعند وضع البيض فى مثل هذا العش ، فإن أنثى التمساح تغطيه بطبقةٍ لزجةٍ لاصقةٍ ، تساعد على إلتصاق جراثيم الفطر *F. solani* المنتشرة طبيعيًا على المواد النباتية فى العش ؛ حيث تبقى هذه الوحدات الفطرية (جراثيم ونموات هيفية) ملتصقة بالسطح الخارجي للبيض . ومع الدفء وارتفاع رطوبة الجو داخل العش خلال فترة التحضين ، تنبت جراثيم الفطر وتنمو هيفاته . وقد تخترق هيفات الفطر قشرة البيضة من خلال ثقوب التهوية ، أو من خلال الشقوق الدقيقة التى تنتج أحياناً خلال مرحلة وضع الأنثى لبيضها .

فإذا استمرت البيضة - التى اخترقتها هيفات الفطر - محتفظة بحيويتها ، فإنها تفقس عن صغار تماسيح مصابة بالهيفات الممرضة . وتنمو هذه الهيفات فى جسم التمساح الصغير بسرعةٍ خلال العام الأول دون أن تظهر أعراض المرض على جلد التمساح من الخارج ، ولكن بعد انتهاء العام الأول ، تظهر الأعراض الخارجية ، ويعانى التمساح الصغير من الإصابة الداخلية لأحشائه .

ويفسر ذلك الموت المفاجئ لبعض صغار التماسيح التى كانت تبدو سليمة وفى كامل

صحتها ، ولا تظهر على مثل هذه الحيوانات أية أعراض خارجية . ولكن عند فحص الأنسجة الداخلية لهذه التماسيح الصغيرة الميتة ، لوحظ وجود نموات هيفية كثيفة فى الرئة والكبد ، مما أدى إلى موت الحيوان .

ومازالت هذه المشكلة قائمة ، وهى تهدد مزرعة التماسيح العملاقة فى أستراليا ، وتهتم الدولة هناك بالبحث عن وسيلة لتجنب التصاق الوحدات الفطرية لهذا الفطر الممرض بغلاف البيض الذى تضعه إناث التماسيح داخل عشوشها . ويراعى فى الطرق المقترح تنفيذها تجنب الهز العنيف للبيض خلال فترة التحضين ؛ حتى لا يتسبب ذلك فى فصل الكيس الجنينى عن الغشاء الداخلى ؛ مما يتسبب فى وفاة الجنين .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن الغسيل الجيد لسطح البيض بعد وضعه فى العش على المواد النباتية ، وكذلك إضافة بعض المواد المضادة للحيوية فى ماء الغسيل ذات فاعلية جيدة لإزالة الوحدات الفطرية للفطر الممرض *F. solani* من على القشرة الخارجية ، وأيضاً فى قتل الوحدات القليلة التى قد تستمر ملتصقة بالقشرة . ولم يسبب ذلك تلف البيض ، ولم يؤثر على حيوية الجنين .

كما اتبعت – فى هذه المزرعة – إجراءات صحية صارمة ؛ للحد من التلوث بالفطر الممرض ووقاية الحيوانات السليمة من العدوى . ومن هذه الإجراءات تقليل كثافة الحيوانات فى حظائر التربية منعاً للازدحام ، ولخفض نسبة حدوث الجروح والخدوش السطحية . كما راعى المسئولون زيادة عدد أماكن التغذية لكل حظيرة ، مما يقلل من التزاحم خلال فترة التغذية .

وكذلك تم تعديل نظام التهوية والتدفئة داخل عنابر التربية ، وخاصة داخل عشوش الفقس لعدم تعرضها لأضرار البرودة ، بالإضافة إلى معالجة مياه المزرعة بالكلور ، والعناية بالعلف المقدم للتماسيح والتأكد من خلوه من الفطريات الضارة .

ولقد ظهرت هذه المشكلة للتماسيح الموجودة فى الأسر داخل المزرعة ، ولكن لا توجد حتى الآن معلومات عن مدى خطورة الفطر *F. solani* على صحة هذه التماسيح فى الطبيعة . وربما يسبب هذا الفطر بعض الأضرار للبيض أو لصغار التماسيح ؛ وبذلك يعتبر من الأعداء الطبيعية التى تحد من زيادة أعداد هذه الحيوانات فى الطبيعة ؛ حيث يتعرض البيض للسرقة من الحيوانات الأخرى بغرض التغذية عليه ، أو للحرارة الشديدة خلال دفنه فى رمال الشاطئ ، وأيضاً قد يتعرض بعضه للكسر خلال رقاد أنثى التمساح عليه .

تاسعاً ـ المراجع References :

Austwick, P. K. C. (1986) . *Fusarium* iin man and animads. In Moss, M. O. & J. E. Smith (eds) . The Applied Mycology of *Fusarium*. Cambridge Univ. Press, pp. 129 - 140 .

Barson, G. (1976) . *Fusarium solani*, a weak pathogen of the larval stages of the large Elm Bark Beetle . Scolytus (Coleoptera - Scolytidae) . J. Iinvert. Path. 27:307-309.

Hibberd, E. M. A. and K. M. Harrower (1993) . Mycoses in crocodiles - The Mycologist, 7(1) : 32 - 37 .

Lord, R. J. (1990) . Unpublished data . (c. a. Hibberd & Harrower, 1993) .

Montali, R. J. M. Bush ; J. D. Strandberg ; D. L. Janssen ; D. J Boness and J. C. Whitla (1981) . Cyclic dermatitis associated with *Fusarium* sp. Infectrion in pinnipeds. J. Amer. Veter. Med. Asso. 179 (11) : 1198 - 1202 .

Nelson, P. E. ; T. A. Toussoun and R. J. Cook (1981) . *Fusarium*: Diseases, Biology and Taxonomy. Pennsylvania State Univ. Press.

Ripon, J. W. (1988) . Medical Mycology . 3rd Edn. W. B. Saunders Co.

Roffe, T. J. ; R. K. Stroud and R. M. Windingstad (1989) . Suspected fusariomycotoxicosis in sandhill cranes (*Grus canadensis*) : Clinical and pathological findings . Avian Diseases, 33 (3) : 451 - 457 .

Smith, A. G. ; A. G. Muhnich ; K. H. Muhvich and C. Wood (1989) . Fatal *Fusarium solani* infections in baby sharks. Journal Medical and Veterinary Mycology, 27 : 83 - 91 .

الباب الخامس



فطريات الأوراق

الباب الخامس
فطريات سطوح الأوراق وقمم الأشجار
Phyllosphere & Canopy Fungi

مقدمة :

توفر سطوح الأعضاء النباتية المختلفة بيئة مناسبة لنمو كثير من الفطريات والخمائر . ولقد جذب هذا الموضوع اهتمام عديدٍ من الباحثين لدراسة النمو السطحى لهذه الفطريات ؛ سواء المتطفلة منها ، أم المترممة ، وما يسببه نموها من فوائد أو أضرار للنباتات التى تنمو عليها .

ويعتبر عالم النبات الألمانى دى بارى De Bary (1866) أول مَن ذكر أن سطوح الأوراق تغطى بنمواتٍ فطريةٍ داكنة اللون ، ثم شاهد هذه النموات الداكنة على الثمار العصيرية ، وأطلق عليها اسم " الأعفان السوداء sooty moulds " ، وفى عام ١٨٨٧ فحص " دى بارى " نموات هذه الفطريات ذات الجدر الخلوية البنية الداكنة وعرف منها الفطر *Dematium pullulans* .

وتتأثر هذه الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق بالعوامل البيئية من حولها ؛ مثل الإشعاع الشمسى ، والحرارة ، والرطوبة النسبية ، وسقوط الأمطار ، كما تتأثر تلك الأحياء بالمعاملات الكيميائية الورقية ؛ مثل : المخصبات الورقية ، والمبيدات، وهورمونات النمو ، التى يعمل بعضها على تشجيع نمو مجموعةٍ من هذه الأحياء الدقيقة ، بينما يعمل البعض الآخر على تثبيط نمو – أو قتل – أحياءٍ دقيقةٍ أخرى . بالإضافة إلى ملوثات البيئة التى تتراكم على سطوح الأوراق ، والتى تؤدى إلى الإخلال بالتوازن الحيوى .

وتتداخل هذه الأحياء الدقيقة – فى نموها على سطوح الأوراق – مع بعضها ؛ حيث تتأثر بالمواد الثانوية الناتجة من تمثيلها الغذائى ؛ إذ يفرز بعضها مواد تشجع نمو بعض

الأحياء الدقيقة من حولها ، بينما قد تثبط نفس هذه المواد أحياءً دقيقة أخرى . ويلعب هذا التوازن بين الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق دورا كبيراً فى تحديد سيادة أحدها .

وتنمو الأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق مترممة ، وقد تنمو معها أحياء دقيقة أخرى ممرضة للنبات . وتتداخل عشائر هذه الأحياء الدقيقة فيما بينها مؤثرةً ومتأثرةً بما تفرزه من مواد مشجعةٍ للنمو أو مثبطةٍ له ، ومتنافسة بعضها مع بعض على العناصر الغذائية المحدودة على سطوح الأوراق ؛ وعلى ذلك فإن هذه الأحياء الدقيقة المترممة على سطوح الأوراق تعمل على الحد من الدور الضار الذى يمكن أن تقوم به الأنواع الأخرى الممرضة ، والذى يمكن أن يستفاد منه فى المكافحة الحيوية Fokkema & Lorbeer, 1974 ; Rai & Singh, 1980 ;) Biological control . (Ahmed & Saleh, 1987

ولقد أظهرت بعض الدراسات أهمية هذه الأحياء الدقيقة فى تحليل الأعضاء النباتية المختلفة فى التربة ؛ مما يعمل فى النهاية على زيادة خصوبتها . كما تلعب بعض بكتيريا الأزوت الجوى لا تكافليًا على سطوح الأوراق دوراً كبيراً فى توفير النتروجين العضوى الصالح للاستفادة بواسطة النبات ، دون الحاجة إلى إضافة سمادٍ نتروجينى ، وهذا ما يطلق عليه اسم " التسميد الحيوى Biofertilization " .

ولقد استخدم الاصطلاح فيللوسفير phyllosphere للدلالة على الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق (Last, 1955 a ; Ruinen, 1966) ، بينما استخدم Kerling (1958) المصطلح phylloplane ، واستخدم (1981) Dickinson المصطلح epiphytes للدلالة على هذه الأحياء الدقيقة .

أولا - الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق :

تضم عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح أوراق النباتات بكتيريا وفطريات شبيهة بالخمائر تابعة للعائلة Cryptococcaceae (غير متجرثمة asporogenous) وأخرى تابعة للعائلة Sporobolomycetaceae (مكونة جراثيم تقذف بقوة ballistospore producers) ، علاوة على أنواع من الجنسين *Candia* ، و *Aureobasidum* .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تضم عشائر فطريات سطوح الأوراق بعض الفطريات الهيفية الأسكية ، وبعض الطحالب التابعة للعائلتين Chlorophyceae ، و Cyanophyceae . كما تنمو بعض الأشنيات Lichens على سطوح الأوراق ، خاصة في المناطق الاستوائية الرطبة .

كما تنتشر بعض الأكتينوميسيتات Actinomycetes – التى تستوطن التربة عادة – حيث تنمو على سطوح أوراق البادرات الصغيرة ؛ نتيجة انتقال هذه الأكتينوميسيتات من التربة . وبعد فترة من نمو هذه النباتات تختفى عشيرة الأكتينوميسيتات ، وتستبدل بنموات من بعض البكتيريا والخمائر والفطريات الهيفية .

ولقد قسم Hudson (1968) الفطريات النامية على سطوح الأوراق طبيعيًا إلى مجموعتين :

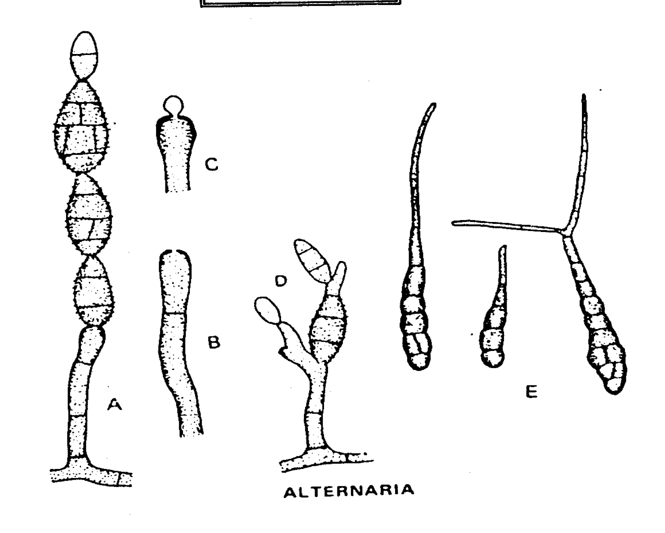
المجموعة الأولي :

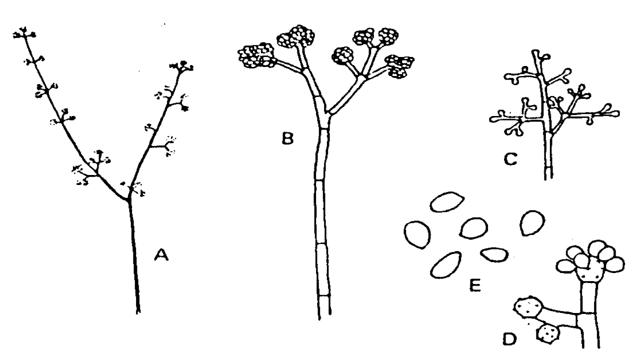
تضم الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار : Common primary saprophytes . وهى تضم فطريات ؛ مثل : *Alternaria* spp. ، و *Cladosporium* spp. ، و *Epicoccum nigrruni* ، و *Botrytis cinerea* ، و *Aureobasidium pullulans* .

ويشار إلى هذه الفطريات – أيضا – باسم " فطريات الحقل Field fungi " ؛ حيث توجد على النباتات الخضراء ، وأيضا على النباتات الحديثة التحلل .

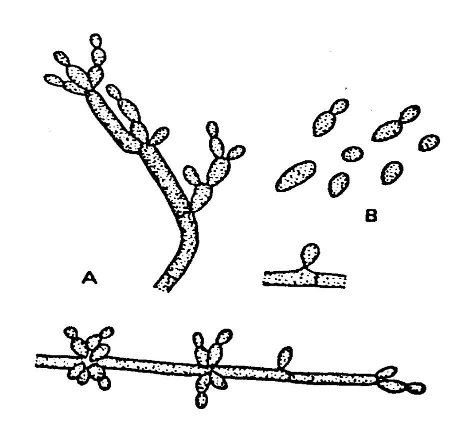
المجموعة الثانية :

تشمل الفطريات المترممة الأولية محدودة العوائل Restricted primary saprophytes ؛ مثال ذلك الفطران : *Readeriella mirabilis* و *Piggotia stellata*؛ حيث يرتبط وجودهما بأشجار الأوكالبتوس eucalypt (Macauley & Thrower, 1966) ، والفطر *Leptosphaeria* spp. الذى ينمو على بعض النباتات النجيلية ، والفطران *Fusarium bacillare* ، و *Sclerophoma pithyophila* اللذان ينموان على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (Tubaki & Yokoyama, 1971) .

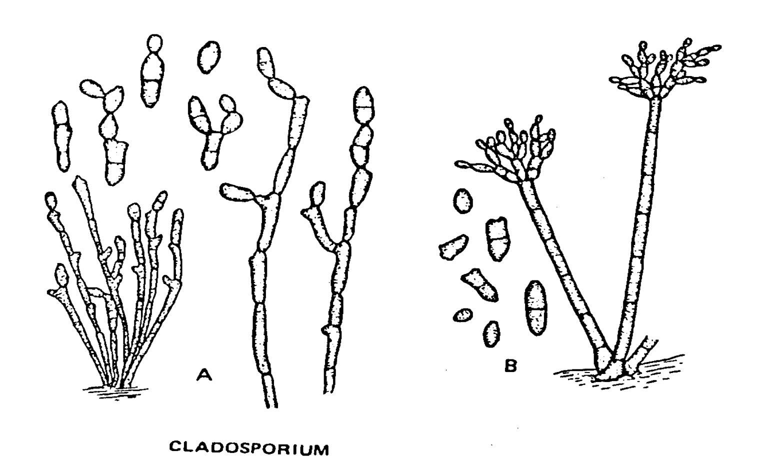




شكل (٥ – ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المترممة الأوليـــة الشائعـــة الانتشار .



AUREOBASIDIUM



CLADOSPORIUM

تابع شكل (٥ - ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار .

ومن ناحية أخرى ، تنمو عديد من الأحياء الدقيقة علـــى ســطوح الأوراق الحيــة للنباتات الحولية والأشجار المعمرة ، حيث يطلق عليها اسم الأحيـــاء الدقيقــة القاطنــة للأوراق بصورة دائمة resident inhabitants ، بينما يطلق على الأحياء الدقيقة التـــى توجد على سطوح الأوراق بصفة مؤقتة اسم " causal inhabitants " .

ويرجع وجود بعض الأحياء الدقيقة بصفة مؤقتة على سطوح الأوراق إلى غبـــاب مواد غذائيـــة ضرورية ، وكذلك لعدم توفر الظروف الملائمة لنمو هذه الأحياء الدقيقة. ويعمل التنافس competition والتضاد antagonism بين الأحيـــاء الدقيقـــة القاطنـــة لسطوح الأوراق إلى وقف نشاط بعض منها واختفائه بعد فترة .

وبناءً على ما سبق ، قسم (1986) Hudson فطريات سطوح الأوراق إلى ثـــلاث فئات ، هى : فطريات سطوح الأوراق غير الممرضة non-pathogenic epiphytes، والممرضات pathogens ، وفطريات سطوح الأوراق العارضة causal inhabitants exochthonous .

وتقسم الفطـــريات الغيـــر ممرضة القاطنـــة لســطوح الأوراق إلـــى مجموعتيـــن رئيسيتين : قاطنات سطوح الأوراق phylloplane inhabitants ، والمترممات الأوليـــة الشائعة الانتشار common primary saprotrophs . وتســـتطيع الفطريـــات القاطنـــة لسطوح الأوراق استكمال دورة حياتها – أو جزءٍ كبيـــر منها – علـــى تلـــك الأوراق الحية دون أن تتسبب فى تلفها .

١ – قاطنات سطوح الأوراق :

تعتبر الخميرة *Sporobolomyces roseus* نموذجاً جيداً لمثل هذه الفطريات ، حيث إنها موجـــودة بصورة دائمة على سطوح أوراق النباتـــات النجيليـــة والأعشـــاب ذات الفلقتين ، وكذلك على سطوح أوراق الأشجار المعمرة والشجيرات فى أى مكان تنمـــو فيـــه .

وتتضاعف خلايا هذه الخميرة بسرعة كبيرة بواسطة التبرعم ، وذلك عندما تكـــون الظروف المحيطة بها ملائمة ، مكونة عشائر عديـــدة على سطوح الأوراق . ويمكـــن أن يعاد توزيع الخلايا المتبرعمة لهذه الخمائر على سطح الورقة عن طريق طرطشـــة

قطيرات مياه الأمطار ، وقد يعمل ذلك على انتشارها إلى سطوح الأوراق الأخرى المجاورة .

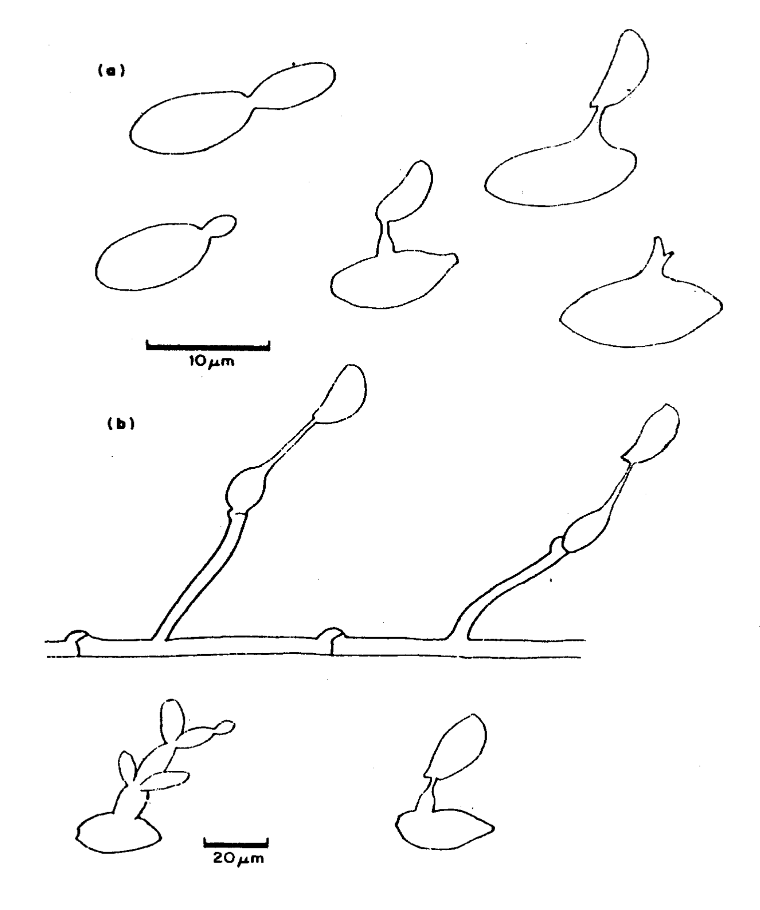
كما تتكاثر هذه الخميرة - أيضاً - عن طريق تكوين جراثيم بازيدية تقذف بقوة ballistospores ، تتميز بقدرتها على الانتشار عن طريق الرياح . وتتكون هذه الجراثيم على ذنيبات قصيرة ؛ وذلك تحت ظروف الرطوبة العالية خلال ساعات الليل ، ثم تقذف من على سطوح الأوراق إلى طبقة الهواء المحيطة بالورقة بعد ذلك .

وهناك فطريات خميرة أخرى تتبع العائلة Sporobolomycetaceae ، شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهى أنواع تابعة للجنس *Bullera* ، تسلك سلوكا مشابها للجنس *Sporobolomyces* . وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن بعض أنواع الخمائر التابعة للجنس *Tilletiopsis* و *Itersonilia* تنمو على صورة ميسليوم غير كثيف ، تتكون عليه جراثيم تقذف بقوة ballistospores (شكل ٥ - ٢) .

وعلاوة على ذلك ، توجد خمائر أخرى تتبع العائلة Cryptococcaceae ، وهى من الخمائر غير المتجرثمة ، حيث تتواجد على سطوح الأوراق على صورة خلايا متبرعمة . وتستكمل هذه الخمائر دورة حياتها بالكامل على سطح الأوراق .

ويمكن معرفة وجود هذه الخمائر عن طريق تعليق ورقة نبات على السطح الداخلى لطبق بترى ، بحيث يواجه السطح السفلى للورقة سطح بيئة اجار مستخلص المولت (٢٪) والتحضين لفترة حوالى ١٢ ساعة . وخلال هذه الفترة تطلق الخميرة جراثيمها بقوة ، حيث تسقط هذه الجراثيم عمودياً خلال الهواء الساكن الرطب فى الطبق البترى ، ثم تبدأ فى التبرعم .

وتكوّن جراثيم الفطر *S. roseus* المتساقطة على سطح بيئة الاجار مستعمرات ذات لون قرنفلى يمكن رؤيتها بالعين المجردة بعد فترة تحضين تتراوح بين يومين وثلاثة أيام . ويلاحظ أن مستعمرات الخميرة النامية على سطح بيئة الأجار عبارة عن صورة بالمرآة لتوزيع عشائر الخميرة على سطح الورقة المعلقة فى غطاء الطبق البترى ؛ لذلك يطلق على مثل هذه الخميرة اسم " mirror or shadow yeast " (شكل ٥ - ٢٠) .



شكل (٥ – ٢) : a – تبرعم خلايا الخميرة *Sporobolomyces roseus* وتكوين جراثيمها البازيدية التى تقذف بقوة ballistospores .
b – تكوين الجراثيم البازيدية التى تقذف بقوة فى الخميرة *Itersonilia perplexans* ، وإنبات الجراثيم المقذوفة عن طريق التبرعم ، وأيضاً بتكوين جراثيم تقذف بقوة مرة أخرى .

٢ – المترممات الأولية الشائعة الانتشار :

لا تستطيع الفطريات التابعة لهذه المجموعة النمو بصورة جيدة على سطوح الأوراق حتى تبدأ مرحلة شيخوخة هذه الأوراق . وتتواجد الوحدات الفطرية بصورة غير نشطة على الأوراق الخضراء عادة ، فإذا ما بدأت أنسجة الورقة فى التدهور ، نشطت هذه الوحدات الفطرية مكونة نموا هيفيا على سطح الورقة .

ولا تكون الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق phylloplane inhabitants والمترممات الأولية الشائعة الانتشار common primary saprotrophs مجموعتين محددتين من الفطريات . فعلى سبيل المثال ، يشترك وجود الأنواع التابعة لكل من الفطر *Aureobasidium* والفطر *Cladosporium* فى كلتا المجموعتين ؛ وذلك لانها تنمو مكونة كونيديات على سطوح الأوراق ، كما أنها تنمو إلى أقصى حد لها على الأوراق الميتة .

وهناك فطريات أخرى توجد على سطوح الأوراق ، مثال ذلك بعض الأطوار الناقصة لفطريات أسكية ، كالفطريات *Alternaria alternata*، و *Botrytis cinerea*، و *Epicoccum purpurascens* ، و *Stemphylium botryosum* .

وفى المناطق الاستوائية ، تنتشر على سطوح أوراق النباتات أنواع أخرى من الفطريات ، مثال ذلك *Curvularia* spp. و *Nigrospora* spp. وغيرها ، حيث تتواجد كونيدياتها على سطوح الأوراق الخضراء ، فإذا ما وصلت هذه الأوراق إلى مرحلة الشيخوخة وبدأت أنسجتها فى الانهيار ، نبتت هذه الكونيديات وبدأ الفطر نشاطه .

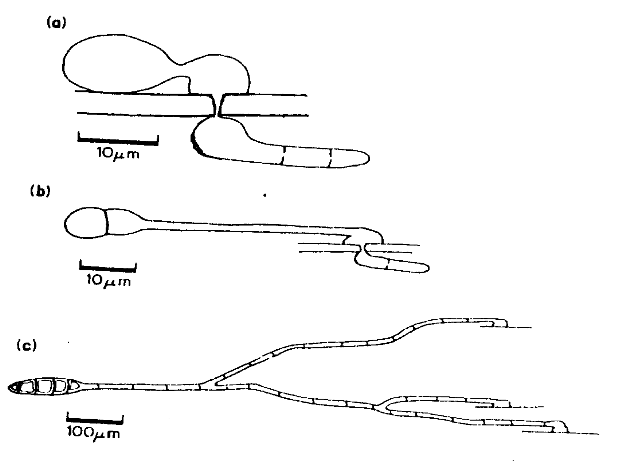
٣ – الفطريات الممرضة للنبات على سطوح الأوراق :

يمكن التعرف على مجموعتين من الفطريات الممرضة للنبات على سطوح الأوراق، تضم الأولى الفطريات المسببة لأمراض البياض الدقيقى التابعة لرتبة الاريسيفالات Erysiphales ، التى تنتشر على سطوح الأوراق ؛ مرسلة ممصاتها فى خلايا بشرة العائل النباتى . وتتميز هذه الفطريات بأنها خارجية التطفل ectoparasites ، حيث يوجد الميسليوم والكونيديات والأجسام الثمرية الأسكية على سطح الورقة ، بينما تضم المجموعة الثانية باقى الفطريات الممرضة للنبات ، حيث

تتم الإصابة وتنمو هيفات الفطر داخل أنسجة النبات العائل ، ويتـم تكويـن الجراثيـم خارجيًا .

شكل (٥ - ٣) : الحوامل الكونيدية والكونيديات الداكنة اللون لبعـض الفطريـات القاطنـة لسطوح الأوراق .

وتتميز بعض فطريات هذه المجموعة من الفطريات الممرضة للنبات بأنها تكوّن عضو إلتصاق appressorium على أنبوب الإنبات الناتج عن إنبات الجرثومة ، ثم يتم الاختراق عن طريق وتد عدوى infection peg يخترق بشرة النبات مباشرة عند موقع تكوين عضو الالتصاق . وفى حالات أخرى تنمو هيفات الفطر الممرض على سطح بشرة النبات لفترة ما قبل اختراقها للبشرة ونموها داخل أنسجة الورقة (شكل ٥ - ٤) .



شكل (٥ - ٤) : ثلاثة أنماط من نمو الفطريات الممرضة للنبات القاطنة لسطوح الأوراق pathogenic leaf-inhabiting fungi .

a = الفطر *Botrytis fabae* . b = الفطر *Mycosphaerella ligulicola* .

c = الفطر *Cochliobolus sativus* .

وتبقى جراثيم بعض هذه الفطريات الممرضة ساكنة على سطوح الأوراق لفترة زمنية ، حيث يتم إنباتها عند انهيار مقاومة العائل النباتى قبيل مرحلة الشيخوخة أو نتيجة لتحسن الظروف الجوية . وعلى أية حال لا توجد علاقة واضحة بين الممرضات السابقة وبعض المترممات الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق .

ويعتبر الفطر *Botrytis cinerea* مثالا جيدا للفطريات المترممة شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهو – فى نفس الوقت – من الفطريات الممرضة لبعض العوائل النباتية ، حيث يسبب موتا للأنسجة تحت الظروف الملائمة ، مثل توفر الرطوبة النسبية العالية التى تناسبه ولا تناسب العائل النباتى .

ويمكن لكونيديات هذا الفطر الإنبات على سطح الورقة ، وبعد مرحلة من النمو السطحى يخترق وتد العدوى بشرة الورقة مسببا تحللا للأنسجة النباتية نتيجة نشاط إنزيماته المحللة للبكتين .

٤ – فطريات سطوح الأوراق المؤقتة :

لوحظ أن جراثيم بعض الفطريات الممرضة للنبات لا تستطيع عدوى أوراق العائل النباتى التى قد تتواجد على سطحه ، حيث تبقى ساكنة لفترة ، أو قد تنبت قبل أن تنتبه إلى أن هذا العائل النباتى لا يناسبها . وقد تشارك هذه الجراثيم – شأنها فى ذلك شأن حبوب اللقاح – فى توفير مزيد من المواد الغذائية على سطوح الأوراق للأحياء الدقيقة القاطنة لهذه البيئة .

وقد تترسب على سطوح الأوراق أيضا بعض فطريات التربة الممرضة للنبات، والتى تتعلق جراثيمها فى الهواء بفعل حركة الرياح المثيرة للأتربة . ويعمل سقوط الأمطار على غسل هذه الجراثيم من الهواء وكذلك من على سطوح الأوراق ، وإعادتها مرة أخرى إلى سطح التربة . وهكذا يتم انتشار جراثيم هذه الفطريات بين التربة (موطنها الأصلى) والهواء وسطوح الأوراق .

وكذلك الحال فى جراثيم بعض فطريات الروث coprophilous fungi ، والتى تنمو على روث الحيوانات العشبية ، حيث يتم قذفها إلى أوراق الحشائش المحيطة بكتل الروث ، ثم تبقى هذه الجراثيم ملتصقة بسطوح هذه الأوراق حتى تؤكل بما عليها من جراثيم بواسطة الحيوانات العشبية .

وتمر جراثيم هذه الفطريات من خلال الجهاز الهضمى للحيوان العشبى . وقد تكون هذه المرحلة ضرورية لكسر طور سكون هذه الجراثيم وتشجيع إنباتها . وهكذا تستكمل دورة انتشارها من الروث إلى سطوح أوراق الأعشاب ، إلى الجهاز الهضمى للحيوانات المجترة ، ثم إلى الروث مرة أخرى (شكل ٦ – ١٣) .

ثانيا ـ صفات الفطريات المترممة الأولية الشائعة الإنتشار :

١ – التغذية Nutrients :

تبعا لتقسيم الفطريات من الناحية الغذائية ، والذى اقترحه Garrett عـــام ١٩٦٣ ، فإن فطريات سطوح الأوراق المترممة تعتبر من الفطريات المحبة للســـكريات sugar fungi ، وبالتالى لا تعمل هذه الفطريات على تحليل السيليلوز ، ولكنها تتغـــذى علـــى السكريات المتاحة مثـــل الســـكريات السداســـية hexoses والخماســـية pentoses ، بالإضافة إلى بعض المركبات غير المعقدة نسبيا مثل البكتين والنشا .

وتتميز هذه الفطريات بنموها الكثيف ، وسرعة إنبات جراثيمـــها . ومـــن الأمثلـــة النموذجيـــة لمثل هذه الفطريات ، الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales الشائعة الإنتشار على روث الحيوانات العشبية .

وتعتبر الفطريات المترممة الأوليـــة المحبـــة للســـكريات primary saprotrophic sugar fungi من الفطريات السريعة الزوال ephemeral ، ويرجع ذلك إلـــى الطبيعـــة المؤقتة لمادة الروث التى تنمو عليها ، بينما يدل بقاء الفطريات المترممة الأولية الشائعة لشهور طويلة على سطوح أوراق النباتات على أن هذه الفطريات ليســـت ذات طبيعـــة وقتية .

وتعتمد الفطريات المترممة فى بقائها – بصفة عامة – على قـــدرتها فـــى تحليـــل السيليلوز ، وعلى الرغم من ذلك فإن معظم الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق لا تحلله . ومن المحتمل أن مثل هذه الفطريات – مثل الفطر *Aureobasidium pullulans* – تعتمد على المواد البكتينية كمصدر للكربون ، حيث يفسر ذلـــك دور هـــذه الفطريـــات كمترممات على سطوح الأوراق .

ولا يمكن مقارنة فطريات سطوح الأوراق من ناحية قدرتها على تحليل الســـيليلوز ببعض الفطريات البازيدية التى تنمو على أوراق الأشجار فى المراحل المتـــأخرة مـــن سلسلة تتابع الفطريات المحللة لها . فعلى سبيل المثال ، قام Hering (1967) بحقـــن أوراق أشجار البلوط المعقمة بأشعة جاما بالفطرين *A. pullulans* و *Cladosporium herbarum* ، بالإضافة إلى الفطر *Mycena galopus* ؛ وهو مـــن فطريـــات عيـــش

الغراب الخيشومية ، ثم تابع الباحث الفقد فى وزن الأوراق المحقونة والمحضنة على درجة حرارة تتراوح بين ٩ – ١٥°م لمدة ستة أشهر .

وأظهرت النتائج أن الفطرين *C. herbarum* و *A. pullulans* سببًا فقدا فى وزن الأوراق قدره ٢ و ٤٪ على الترتيب، بينما سبب الفطر *M. galopus* فقدا قدره ١٥ – ٢٠٪ ؛ حيث يرجع ذلك إلى قدرة الفطر الأخير على تحليل المواد المعقدة بما فيها السيليلوز .

وتستعمل هذه الفطريات المحللة للسيليلوز المواد الكربوهيدراتية البسيطة – مثل السكريات والنشا – فى حالة توفرها ، فإذا استهلكت ، تتجه هذه الفطريات إلى تحليل السيليلوز . ولذلك تبقى مثل هذه الفطريات فى حالة نشاط دائم حتى تحت هذه الظروف الغذائية الصعبة ، فى الوقت الذى تتوقف خلاله الفطريات الأخرى عن النشاط .

كما تلعب الاحتياجات النتروجينية دورا محددا فى تغذية ونمو هذه الفطريات على سطوح الأوراق ، وخاصة وأن المصادر النتروجينية محدودة فى مثل هذه البيئة . ويمكن ملاحظة ذلك عند رش الأوراق بمحلول ٥٪ يوريا بعد جنى ثمار التفاح وقبل سقوط الأوراق ، حيث يعوق ذلك تكوين الأجسام الثمرية الأسكية لفطر جرب التفاح *Venturia inaequalis* على الأوراق المتساقطة على الأرض خلال فصل الشتاء .

وعلى ذلك ، يعتبر رش محلول اليوريا السابق إحدى وسائل مكافحة مرض جرب التفاح ، لأنه يؤدى إلى نشاط الفطريات المترممة على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض ، مما يثبط تكوين الجراثيم الأسكية التى تعتبر اللقاح الأولى لعدوى الأوراق الحديثة فى فصل الربيع التالى .

ولقد درس الباحثان Birchill & Cooke (1971) دور اليوريا فى نشاط عشائر الفطريات على سطوح الأوراق ، حيث كانت أكثر الفطريات شيوعا تلك التابعة للجنسين *Alternaria* و *Cladosporium* . وأدت الزيادة الفائقة فى النمو الميسليومى للفطرين السابقين إلى استهلاك مزيد من المصدر الكربونى فى وجود اليوريا كمصدر نتروجينى مناسب ، مما أدى إلى تثبيط نشاط الفطر الممرض *V. inaequalis* .

وكذلك الحال عند رش اليوريا على الأوراق الأبرية لأشجار الصنوبر المتساقطة على الأرض ، حيث أدى ذلك إلى زيادة نشاط الفطر *Cladosporium herbarum*

على سطوح هذه الأوراق . كما نشطت بعض الفطريات المترممة الأولية الشائعة الأخرى مثال ذلك الفطر *Epicoccum purpurascens* الذى لا يشاهد - عادة - على سطوح الأوراق الإبرية .

وليس من المعروف - على وجه التحديد - الدور الذى تلعبه اليوريا على فطريات سطوح الأوراق ، فمن المحتمل أن يعتمد دورها على أساس كونها مادة قلوية . فعلى سبيل المثال ، ظهرت بعض فطريات عيش الغراب غير المألوفة على الأوراق الإبرية المعاملة باليوريا ، وكذلك بأى محلول قلوى اخر . ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر *Myxomphalia maura* الذى ينمو على الرماد ذى التأثير القلوى المتخلف عن إشعال النار فى الخلاء على التربة الحامضية فى مناطق الغابات المخروطية .

ولا يشاهد الفطر السابق عادة ناميا على الأخشاب فى المناطق ذات التربة القلوية، وبالتالى لا يعتبر هذا الفطر من الأنواع المحبة للنمو فى الأراضى الكلسية calcicole . ولقد لوحظت زيادة نمو هذا الفطر عند إضافة الجير إلى الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر ، بينما تؤدى معاملة هذه الأوراق بمادة كربونات الصوديوم إلى نمو الفطر *C. herbarum* و *E. purpurascens* .

وتعطى كل من اليوريا والمواد الأخرى القلوية تأثيرات مشابهة على الأوراق الإبرية ، حيث تسبب تحولاً فى لونها إلى اللون الداكن ، كما يصبح قوامها لينا ، ويرتفع رقم حموضتها من ٣,٥ - ٤ إلى ٥,٥ - ٦ . وتسبب المعاملة السابقة انسياب الأمونيا من بقايا الأوراق خلال تحللها ، حيث يستعملها الفطر كمصدر نتروجينى فى غذائه .

٣ - معدلات النمو Growth rates :

لا تعتبر الفطريات المترممة السابق الإشارة إليها من المترممات الأولية بطيئة النمو، وذلك لأنها تنمو بصورة أسرع عن غيرها من الفطريات النامية على سطوح الأوراق . وتتميز هذه الفطريات بتنوعها الشديد ، فمثلا ينتج الفطر *Aureobasidium pullulans* كونيدياته فى مادة لزجة ، بينما تنمو خلاياه متبرعمة فيما يشبه الخميرة .

وكذلك الحال فى الفطر *C. herbarum* ، فهو سريع التجرثم ، بينما معدل نموه الميسليومى بطئ نسبيا ، بعكس الحال فى الفطر *Botrytis cinerea* ؛ فهو سريع النمو

الميســـــليومى . ويعتـــــبر الفطـــــران *alternata Alternaria* و *Epicoccum purpurascens* وسطا بين الفطرين السابقين من ناحية سرعة النمو الميسليومى .

٣ – تحمل الجفاف Tolerance of desiccation

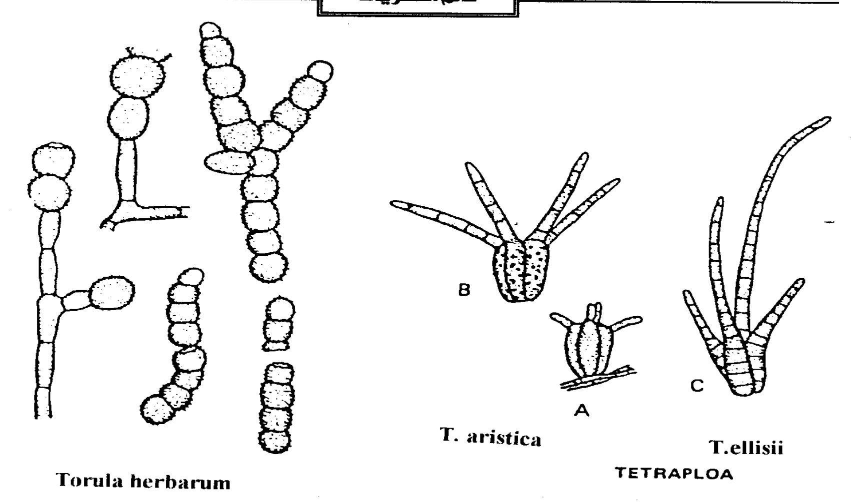
تعتبر الأوراق التى فى مرحلة الشيخوخة على الأشجار ، وتلك المتســـاقطة حديثـــا على الأرض ســـريعة التعرض للجفـــاف ، خاصة عند تعرضـــــها المبـــاشر لأشعـــة الشمس .

وقد أجرى كل من (Webster & Dix (1960 دراسة قـــارنا خلالها بين معـــدلات النمو وفترات الحضانة لإنبات الجراثيم ، ومعدل نمو أنابيب الإنبات لثلاثة فطريات من تلك المترممات الأولية بالمقارنة بنوعين من الفطريات المترممة الثانوية وهما *Torula herbarum* و *Tetraploa aristata* (شكل ٥ – ٥) عند رطوبة نسبية ١٠٠٪ وأقل من ذلك .

ولقد أوضحت النتائج وجـــود اختـــلافات قليلة بين قـــــدرة ميســـليوم الفطريـــات السابقة على النمو تحت ظروف الرطوبة المنخفضة ، بينمـــا لـــم تتمكـــن الفطريـــات المترممة الأولية من النمو جيـــدا تحت هذه الظروف . ولكن عنـــد ارتفـــاع الرطوبـــة النسبية (١٠٠٪) فإن الفطرين *A. alternata* و *E. purpurascens* ينموان أســـرع من الفطريات المترممة الثانوية ، وكذلك أسرعت الجراثيم فى إنـــباتها ، وزاد معـــدل نمو أنابيب الإنبات .

ويمكن لكونيديات الفطرين السابقين الإنبات تحت ظـــروف انخفـــاض الرطوبـــة النسبية ، وهذا يعطيها ميزة عن غيرها من الفطريات الأخرى ، حيث تسرع من نموها، ونشر هيفاتها على سطـــوح الأوراق قبل أن تبدأ جراثيـــم الفطريـــات الأخـــرى فـــى الإنبات.

ونظرا للتغيرات السريعة فى الظروف المحيطة بسطوح الأوراق ، فقـــد تتعـــرض الكونيديات النابته إلى الجفاف السريع قبل أن تنجح فى اختراق سطح الورقـــة . ولقـــد درس (Diem (1971 مدى بقاء الكونيديات النابتة على قيد الحيـــاة تحـــت ظـــروف إنخفاض الرطوبة ؛ وذلك للفطر *C. herbarum* والفطر *A. alternata* وغيرهما مـــن فطريات سطوح الأوراق .



شكل (٥ - ٥) : كونيديات وحوامل كونيدية لبعض فطريات خمائر سطوح الأوراق المتحملة للجفاف . يلاحظ غياب الحوامل الكونيدية في الجنس *Tetraploa* ؛ حيث تتكون الكونيديات مباشرة على ميسليوم الفطر .

وقد أظهرت النتائج أن الكونيديات ذات الألوان الداكنة - مثل تلك التي تكونها بعض الفطريات مثل *Cladosporium* و *Alternaria* - تكون أكثر مقاومة للجفاف خلال مرحلة الإنبات ، بالمقارنة بالكونيديات ذات الألوان الباهتة للفطرين *Aspergillus* و *Penicillium* تحت نفس الظروف .

ولقد أمكن إنبات ٩٠٪ من هذه الكونيديات ذات الألوان الداكنة تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (١٠٠٪) ، وذلك بعد تعرضها لظروف الجفاف عن طريق وضعها داخل مجفف يحتوى على كلوريد كالسيوم لامائى لمدة ثمانى ساعات ، وكذلك أمكن إنبات ٩٩٪ من هذه الكونيديات بعد حفظها لمدة ثمانى ساعات تحت ظروف رطوبة نسبية منخفضة (٤٠ ٪) .

وتدل النتائج السابقة على أن إنبات الكونيديات ذات الألوان الداكنة تحت ظروف إرتفاع الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بسطوح الأوراق خلال الليل يعرض أنابيب الإنبات المتكونة للجفاف خلال النهار ، إذا لم يسرع الفطر باختراق سطح الورقة . إلا

أن أنابيب إنبات كونيديات هذه الفطريات الداكنة متحملة للجفاف . كما أن تعرض أنبوب إنبات كونيدة الفطر *Alternaria* للتلف – خلال الجفاف – يعمل على إنتاج أنبوب إنبات آخر من خلية ثانية من الكونيدة عديدة الخلايا .

وعلى العكس مما سبق ، فإن أنابيب إنبات كونيديات الفطر *Aspergillus* والفطر *Penicillium* ليست قادرة على الاحتفاظ بحيويتها بعد تعرضها لفترات جفاف تقل فيها الرطوبة النسبية عن ٨٥٪ ، فى حين أن الأنواع التابعة للفطرين السابقين المكونة للكونيديات الملونة فإنها تسلك سلوكا مشابها للفطريات ذات الكونيديات الداكنة السابقة ، لذلك يمكن اعتبارها من الفطريات المترممة الأولية primary colonizers . ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن بعض الفطريات المترممة الأولية تكوّن كونيديات غير داكنة اللون not-pigmented conidia ؛ مثال ذلك فطرى *Aureobasidium* و *Botrytis*.

وكذلك الحال فى فطريات البياض الدقيقى الإجبارية التطفل – التابعة لرتبة إريسيفالات Erysiphales– التى تكوّن كونيديات شفافة عديمة اللون على سطوح أوراق عوائلها النباتية . وتدل الأمثلة السابقة على أن الألوان الداكنة تساعد كونيديات الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق على تحمل الظروف السيئة ، ولكن لا يمكن اعتبار ذلك صفة أساسية لاحتفاظ فطريات سطوح الأوراق بحياتها تحت هذه الظروف .

وتعتبر القمم النامية لأنابيب الإنبات وللهيفات الفطرية شديدة الحساسية للجفاف ، إلا أن الفطريات المترممة أوليًا على سطوح الأوراق تظهر قدراً كبيراً من تحمل الجفاف فى قممها النامية ، ولمدة طويلة قد تصل إلى ثلاثة أسابيع . ولقد أمكن إثبات ذلك بوضع أنابيب الإنبات والهيفات الفطرية النامية لهذه الفطريات فى مجفف يحتوى على محلول مشبع من نترات البوتاسيوم يبلغ ضغطه المائى 0.45_{aw} .

وتتيح هذه المقدرة على تحمل الجفاف لمثل هذه الفطريات النمو السريع بمجرد تحسن الظروف المحيطة بها وارتفاع الرطوبة النسبية ، دون أن يظهر عليها أى تلف فى كتلتها الحيوية نتيجة تعرضها لفترات الجفاف الطويلة . وتعتبر هذه القدرة على تحمل الجفاف من العوامل المحددة لبقاء مثل هذه الفطريات – القاطنة لسطوح الأوراق – تحت الظروف البيئية الصعبة .

ثالثاً - التراكيب الفطرية المحافظة على حيوية الفطريات:

بمجرد أن تنمو الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، فإنها تنتج بعض التراكيب الفطرية الداكنة اللون التى تحافظ على حيويتها pigmented survival structures . فعلى سبيل المثال ، يُكوّن الفطر *Cladosporium herbarum* أجساماً حجرية دقيقة minute microsclerotia ، ويكوّن الفطران *Botrytis cinerea* و *Epicoccum purpurascens* أجساماً حجرية sclerotia ، أما الفطر *Aureobasidium pullulans* فإنه يُكوّن تجمعات من الجراثيم الكلاميدية aggregates of chlamydospores .

وتتميز بعض الفطريات السابقة بأنها ذات ميسليوم داكن اللون ، حيث يعمل هذا اللون الداكن pigmentation على حماية الهيفات الفطرية والتراكيب الأخرى السابق الإشارة إليها من الجفاف والأشعة فوق البنفسجية وأيضاً من التحلل الميكروبى .

وعلى ذلك ، فإنه من الواضح أن الفطريات المترممة الأولية الشائعة the common primary saprotrophs تتميز بصفات متعددة ، اعتمدت عليها فى تأقلمها على الحياة تحت هذه الظروف القاسية على سطوح الأوراق ، حيث إستطاع كل فطر من هذه الفطريات أن يدبر لنفسه الوسيلة - أو الوسائل - التى تجعله قادراً على تحمل البقاء والأحتفاظ بحيويته ، كل بطريقته .

وفى المناطق ذات المناخ المعتدل ، تنتج بعض هذه الفطريات المترممة الأولية الشائعة أجساماً ثمرية أسكية ، خاصة فى نهاية فصل الخريف حيث تتساقط أوراق الأشجار ، مشابهه فى ذلك سلوك بعض الفطريات الممرضة للنباتات ؛ مثل الفطر *Apiognomonia errabunda* على الخوخ ، والفطر *Venturia inaequalis* على التفاح .

وتنتشر الجراثيم الأسكية من تلك الأجسام الثمرية الأسكية التى تكونها الفطريات السابقة على أوراق عوائلها النباتية فى الفترة من أوائل إبريل حتى أوائل يونيو . وتعتبر هذه الفترة هى الوقت المناسب لظهور الأوراق الجديدة ، والتى تعمل كمصايد للجراثيم الأسكية السابق تكوينها ، والتى تقطن الهواء air-borne ascospores ؛ حيث تتم العدوى بها تحت الظروف الملائمة .

ومن ناحية أخرى ، تكوّن الفطريات المترممة الشائعة الانتشار أطوارا جنسية كاملة telemorphic states على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض . فعلى سبيل المثال يكوّن الفطر *Aureobasidium pullulans* أجساما ثمريـــة أســكية لطــوره الكــامل *Guignardia fagi* ، بينما يعتبر الفطر *Mycosphaerella tassiana* الطور الأســكى للفطر الناقص *Cladosporium herbarum* .

ويمكن إعتبار الأجسام الثمرية الأســكية – التى تكونها مثـــل هــذه الفطريـــات – تراكيب فطرية إضافية تحافظ بها على حيويتها تحت الظروف السيئة . كما تنتج هـــذه الأجسام الثمرية لقاحا إضافيًا من الجراثيم الأسكية ، بالإضافــة إلى مـــا تنتجــه مـــن كونيديات خلال فصل الربيع .

رابعاً - تتابع عشائر فطريات سطوح وعفن الأوراق :

تختفى – عادة – الفطريات التى تظهر مبكرا على سطوح الأوراق تدريجيًا مع تقدم الورقة فى العمر ، حيث يحل محلها فطريات أخرى من تلك الأنواع المترممة القاطنـــة لسطوح الأوراق . وتصل هذه الفطريات المترممة إلى أقصى نشاط لها بعد تساقط هذه الأوراق – فى مرحلة الشيخوخة – على الأرض .

وتشمل هذه الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق أنواعا متباينة للغاية ، منها ما يكوّن كونيديات مثل الفطر *Polyscytalum fecundissimum* والفطـــر *Chalara cylindrospora* ، ومنها فطريات أسكية مثل الفطر *Microthyrium fagi* ، والفطـــر *Helotium caudatum* ، بالإضافة إلى بعض الفطريات البازيدية المكونة لثمار عيـــش غراب خيشومية دقيقة الحجم مثل الفطـــر *Lachnella villosa* . ومـــن الفطريـــات المرجانية الفطر *Pistillaria pusilla* التى تنمو هيفاته وأجسامه الثمرية علـــى أوراق أشجار الزان المتساقطة على سطح الأرض .

وتنمو بعض الفطريات القاطنة للتربة على مثل هذه الأوراق المتراكمة على ســطح الأرض ، خاصة فى المـــراحل النهائية من تحليلها، مثال ذلـــك بعــض الفطريـــات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales، خاصة الجنسين *Mucor* و *Mortierella* ، وبعض الفطريات الكونيدية مثل أنواع من الجنسين *Trichoderma* ، و *Penicillium*، بالإضـــافـــة إلى بعـــض فطريـــات عيش الغراب الخيشومية من الجنس *Collybia* ، و الجنس *Mycena* .

وفى المراحل الأولى من تحلل أوراق الأشجار المتراكمة على سطح التربة ، لا تجد الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات أية مواد كربوهيدراتية بسيطة يمكن الاعتماد عليها كمصدر كربونى ، نظرا لإستهلاكها فى نهاية مرحلة الشيخوخة نتيجة نشاط فطريات سطوح الأوراق .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن هذه الفطريات الزيجية يمكنها التعايش مع فطريات عيش الغراب الخيشومية المحللة للسيليلوز ، حيث يمكنها الحصول على جزء من المواد الكربوهيدراتية الوسطية الناتجة من تحليل السيليلوز . لذلك يمكن الحكم على هذه الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات بأنها من المترممات الثانوية المحبة للسكريات secondary saprotrophic sugar fungi أكثر من كونها مترممات أولية primary colonizers .

إلا أنه – فى بعض الحالات – تكون هذه الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات من المترممات الأولية ، وذلك عند نموها على كتل براز الحيوانات الصغيرة micro fauna خاصة الحلم . كما يتميز سطح التربة بمحتواه العالى من المواد الكيتينية ، نتيجة بعثرة جدر هيفات الفطريات والهياكل الخارجية للحشرات وبقايا الحيوانات الدقيقة .

ونتيجة لما سبق ، تنتشر نموات فطريات التربة ذات القدرة على تحليل المركبات الكيتينية السابقة ، وخاصة فى المراحل النهائية من تحليل المواد العضوية الأولية والثانوية ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس *Mortierella* و *Penicillium* و *Trichoderma* .

ولقد درس Ruinen (1966) النمو السطحى لبعض الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق عديدٍ من النباتات ؛ حيث وجد أن هناك أنواعا محدودة من البكتيريا والخمائر تستوطن سطوح الأوراق . ووجد أن عشائر البكتيريا هذه أول من يستوطن سطح الورقة ، تتبعها الأكتينوميسيتات ، ثم الفطريات ، وبعد ذلك الأشن إذا توفرت الظروف البيئية لظهورها . ويتبع ظهور هذه الأحياء الدقيقة ظهور الحيوانات المفصليات الأرجل التى تتغذى عليها .

خامسا - تأثير العوائل النباتية والظروف المناخية على توزيع فطريات سطوح الأوراق :

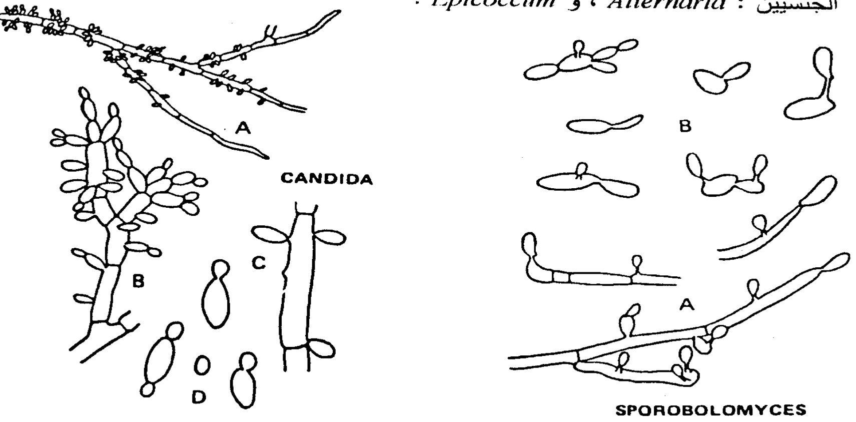
وجد Last (1955) بعض عشائر الفطريات الهيفية والخمائر لأنواع من الأجناس : *Bullera* ، و *Sporobolomyces* ، و *Tilletiopsis* ، و *Cladosporium* على سطوح أوراق النجيليات . كما وجد Menna (1959، 1971) أنواعا من الخمائر على سطوح أوراق بعض الحشائش ؛ مثال ذلك خمائر من الأجناس : *Sporobolomyces* ، و *Rhodotorula* ، و *Cryptococcus* ، بالإضافة إلى فطرى : *Cladosporium herbarum* ، و *Aureobasidium pullulans* .

وتظهر أيضا على سطوح أوراق النباتات بعض أنواع الفطريات التابعة للجنسين *Fusarium* ، و *Cephalosporium* ، وبعض الفطريات المكونة للأوعية البكنيدية ؛ مثل الفطر *Myrothecium* spp. الذى يسبب التسمم الميروثيسى myrothecitoxiosis، والفطر *Pithomyces chartarum* الذى يسبب إكزيما الوجه فى الحيوانات facial eczema .

كما عزل Stott (1971) بعض المترممات من على سطوح أوراق البنجر ، كان أكثرها انتشارا الفطريات : *Cladosporium cladosporioides* ، و *Aureobasidium pullulans* . بينما كانت الفطريات *chartarum Alternaria* و *Botrytis cinerea* و *Epicoccum rigrum* ، و *Phoma* spp. أقل انتشارا . ولقد وجد Sharma & Mukerji (1972) فطريات أخرى على سطوح أوراق القطن ، هى : *Alternaria* spp. ، و *Fusarium* spp. ، و *Fusidium viride* ، و *Cladosporium herbarum* ، و *Stachybotrys* spp. ، و *Memnoniella* spp. ، و *Candida albicans* .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) تم تقدير العشائر الفطرية والخمائر النامية على سطوح أوراق نباتات الشعير النامية فى حقول بمنطقة Weende بمدينة جوتنجن بألمانيا خلال موسمين زراعيين ، وكانت أكثر الفطريات الهيفية شيوعا تتبع الجنس *Cladosporium* (٧٠ - ٩٠ ٪ من إجمالى الفطريات) ، تليه الفطريات : *Aureobasidium pullulans* ، و *Epicoccum purpurascens* ، و *Alternaria alternata* ، بينما ظهرت فطريات أخرى بنسب متفاوتة ، مثل : *Stemphylium* و *Botrytis* ، و *Trichoderma* ، و *Penicillium* .

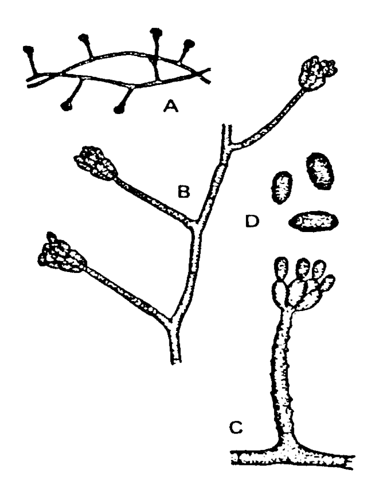
ولقد وجد كثير من الباحثين أن الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Cladosporium* من أكثر الفطريات شيوعاً على سطوح الأوراق فى المنطقة المعتدلة ؛ حيث وجد Mc Bride & Hayes (1977) نسبة تصل إلى ٨٠ ٪ من هذا الفطر على سطوح أوراق أشجار اللاركس (من أشجار الفصيلة الصنوبرية) ، كما وجد Fokkema (1978) أن معظم فطريات سطوح أوراق النباتات النجيلية تتبع هذا الجنس ، بالإضافة إلى فطرياتٍ أخرى مثل *Aureobasidium pullulans* . وكذلك وجد Hirst & Stedman (1963) نسبة عالية من أنواع الجنس *Cladosporium* ، بالإضافة إلى فطرياتٍ تتبع الجنسيين : *Alternaria* ، و *Epicoccum* .

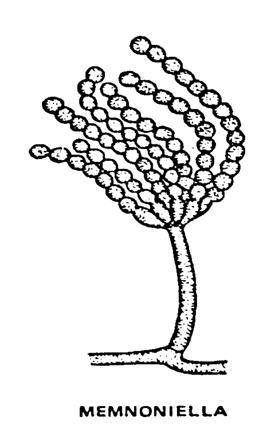


شكل (٥ - ٦) : بعض الخمائر التى تنمو على سطوح الأوراق .

وينمو الفطر *Aureobasidium* عادة عن طريق التبرعم مشابها فى ذلك الخمائر بينما نموه الميسليومى محدود (شكل ٥ - ٨) . وقد يعاد توزيع الخلايا المتبرعمة فى غشاء الرطوبة على سطوح الأوراق ، أو عن طريق قطيرات طرطشة الأمطار .

وقد تنبت كونيديات الفطر *Cladosporium* منتجة كونيديات ثانوية محمولة على أنابيب إنبات قصيرة (شكل ٥ - ٨) ، بينما تستكمل بعض أنابيب الإنبات نموها مكونة هيفات مقسمة ومتفرعة . وتتميز هذه الكونيديات التى يكونها الفطر *Cladosporium* بأنها جافة ، وعندما تتحرر فإنها تتعلق فى الهواء وتصبح قاطنة له air-borne conidia .

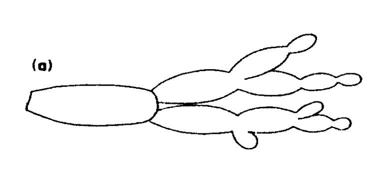


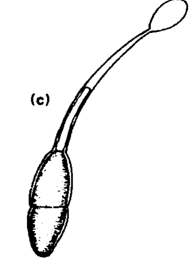


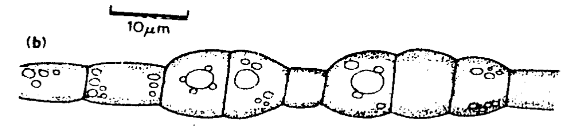
شكل (٥ – ٧) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق.

ويستكمل الفطران السابقان جزءا كبيرا من دورة حياتهما على سطح الورقة ، ثم يكونان طورهما الجنسى – أجسام ثمرية أسكية ascocarps – خلال فصل الربيع على أوراق الأشجار المتساقطة على سطح الأرض ، والتى مضى عليها فصل الشتاء فى المناطق المعتدلة .

ويتميز الفطران *Aureobasidium* و *Cladosporium* بتأقلمهما الجيد للحياة تحت الظروف الصعبة على سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال ، يزداد سمك جدر الهيفات الفطرية بسرعة متحولة إلى اللون الداكن نتيجة ترسيب صبغة الميلانين melanin ، حيث يعمل ذلك على بقاء هذه الهيفات الداكنة محتفظة بحيويتها ؛ حتى عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية المصاحبة لأشعة الشمس . كما يساعد هذا اللون الداكن على حماية هيفات الفطر من الجفاف ، ويجعلها أكثر مقاومة للتحلل البكتيرى .







شكل (٥ – ٨) : a = خلايا الفطر *Aureobasidium* تتبرعم بما يشبه الخميرة .
b = جراثيم كلاميدية لفطر *Aureobasidium* على سطوح الأوراق .
c = كونيدة نابته للفطر *Cladosporium* منتجة كونيدة ثانوية .

وينتج الفطر *Aureobasidium* جراثيم كلاميدية سميكة الجدر داكنة اللون عديدة الخلايا ، توجد فى سلاسل أو تجمعات (شكل ٥ – ٨) ، بينما ينتج الفطر *Cladosporium* أجساما حجرية صغيرة microsclerotia تحتوى على عديد من الجسيمات الصغيرة التى يتكون كل منها من ١٠ – ١٠٠ خلية ، ويحاط كل جسم حجرى بطبقة خارجية من الخلايا سميكة الجدر داكنة اللون ، تحتوى على نسبة عالية من مادة الميلانين .

وتنبت هذه الأجسام الحجرية الصغيرة تحت الظروف المناسبة ، منتجة حزمة من الحوامل الكونيدية التى تحمل أعدادا كبيرة من الكونيديات . وتعتبر هذه الكونيديات مصدرا للقاح الذى ينتشر بعد ذلك إلى أوراق أخرى جديدة .

وعلى العكس مما سبق ، لا تظهر الخمائر التابعة للجنس *Sporobolomyces* ميلا للبقاء فى الظروف غير المناسبة ؛ مثل انخفاض الرطوبة النسبية . فعلى سبيل المثال تختفى نموات هذه الخمائر عندما تصل الرطوبة النسبية إلى ٦٥٪ ، ولكن عندما ترتفع الرطوبة مرة أخرى يزداد نمو وانتشار هذه الخمائر على سطوح الأوراق ثانية ، خاصة الأوراق المظللة .

وفى المناطق المعتدلة التى يسود فيها الجو الدافئ الرطب ، تصاب النباتات أحيانا بحشرات المن التى تفرز ندوة عسلية على الأوراق ، تنمو عليها فيما بعد فطريات العفن السوداء sooty moulds . وتظهر هذه النموات الفطرية السوداء التى تشبه الهباب على سطوح الأوراق ، وخاصة أوراق أشجار الليمون الحامض .

ومن أهم الفطريات التى تنمو على الندوة العسلية لحشرة المن ، فطرا *Cladosporium* و *Aureobasidium* ، حيث تنمو الهيفات الفطرية بغزارة على السكريات الثلاثية trisaccharide melezitose كمصدر كربوهيدراتى مناسب ، كما تنمو هذه الهيفات على مخلفات المن والبقايا الحشرية المتحللة .

وتَظْهرُ فطريات العفن السوداء السابقة أيضا على أوراق الأشجار المنتشرة فى المناطق المناخية الاستوائية ، كما فى غابات الأمازون وبعض الغابات الأخرى فى قارتى أفريقيا وأستراليا ، وفى منطقة البحر الكاريبى . ومن الفطريات الأخرى التى توجد ضمن هذه الفطريات السوداء أنواع من الأجناس التابعة للعائلتين Capnodiaceae و Chaetothyriaceae ، حيث تنمو هيفات هذه الفطريات بكثافة عالية مكونة شكلا شبكيا على سطوح الأوراق ، بالإضافة إلى كونيديات وفيرة وأجسام ثمرية أسكية .

وهناك أبحاث أخرى أجريت لدراسة فطريات سطوح الأوراق فى المنطقة تحت الاستوائية ؛ حيث وجدت سيادة لعشائر فطرية أخرى على سطوح أوراق النباتات النامية . فعلى سبيل المثال ، درس عبدالفتاح وآخرون (١٩٧٧) فطريات سطوح أوراق الفول المزروع فى الواحات الداخلة والخارجة بصحراء مصر الغربية ؛ حيث وجدا عديدا من الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* (خاصة الفطر *A. fumigatus*)؛ إذ وصلت نسبة وجوده إلى حوالى ٨٠ ٪ من أجمالى فطريات سطوح الأوراق . كما وجدت فطريات أخرى بنسب متفاوتة ؛ مثل : *Alternaria alternata* (بنسبة ٥ ٪) ، و *Curvularia spicifera* (بنسبة ٥ ٪) ، بينما لم تتعد نسبة وجود الفطر *Cladosporium herbarum* ٢,٣ ٪ فقط .

وفى دراسة أخرى وجد عبدالحافظ (١٩٨١) فى دراسته لفطريات سطوح أوراق القمح بالمملكة العربية السعودية أن نسبة وجود الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* كانت حوالى ٣٧ ٪ ، بينما كانت نسبة أنواع الجنس *Aspergillus* حوالى ٢٠ ٪ ، وكانت نسبة الأنواع التابعة للأجناس : *Alternaria* ١٤٪ و *Penicillium* ١٢ ٪ و *Curvularia* ١,٧ ٪ و *Epicoccum* ١,٢ ٪ .

وكذلك وجـــدت خيرية (١٩٧٨) فى دراسة لها على فطريات سطوح أوراق القمح (فى أســيوط بمصر) نسبة عاليــة من الفطــريات : *Cladosporium herbarum*، و *Aspergillus fumigatus* ، و *Alternaria alternata* ، بالإضافة إلى أنواع تابعــة للجنس *Penicillium* .

وأيضا درس عبدالوهاب (١٩٧٥) فطريات سطوح أوراق نباتات القطن وبعـــض أصناف الموالح المزروعة فى مصر ؛ حيث وجــد أنواعا من الجنسين *Aspergillus*، و *Penicillium* سائدة على غيرها من الفطريات ، بينما كان الفطـــران *Alternaria alternata* و *Cladosporium herbarum* قليلى الانتشار .

وفى بحث للمؤلف مع آخر (Ahmed & Saleh, 1987) تمت دراسة تتابع عشائر فطريات وبكتيريا سطوح أوراق الطماطم بمزرعة كلية الزراعة – جامعة عين شمـــس بشبرا خلال مراحل نمو النبات المختلفة . ولقد أظهرت النتـــائج أن أكـــثر الفطريـــات شيوعا هى *Cladosporium herbarum* ؛ وكـــانت نســبته ٢٨,١ ٪ مـــن إجمـــالى الفطريات، بينما كانت الأنواع التابعة للجنـــس *Aspergillus* والجنـــس *Penicillium* موجودة بنسبة ٣٤,١٪ و ١٠,٤٪ على الترتيب .

وأظهرت النتائج السابقة وجـــود فطـــريات أخرى على سطوح أوراق الطمـــاطم ؛ مثل : الفطـــر *Alternaria alternata* (٦ ٪) ، والفطـــر *Acremonium strictum* (٦.٦ ٪) ، بالإضافـــة إلـــى فطريـــات *Scopulariopsis brevicaulis* ، وفطـــر *Ulocladium botrytis* بنسب متفاوتة .

كما تباين انتشار العشائر الفطرية السابقة بالنسبة إلـــى المجمـــوع الكلـــى لعشـــائر فطريات سطوح الأوراق تبعا لمرحلـــة نمو نبات الطماطم ؛ حيث بلغ نســـبة وجـــود الجنـــس *Aspergillus* ٢٥,٦ و ٢٨,٤ و ٢٥,٢ و ٥١,٤ ٪ بالنســـبة إلـــى إجمـــالى الفطريـــات فى مرحلـــة البادرات والإزهـــار والإثمار والشيخوخـــة على الـــترتيب ، فى حين كان الفطر *Cladosporium herbarum* يمثل ٥٢,٤ ٪ و ٥٠,٧ ٪ من إجمالى الفطريـــات على سطوح أوراق الطماطم فى مرحلتـــى البـــادرات والإزهـــار ، ثـــم انخفضت هذه النسبة بعد ذلك إلى ٢٩,٠ و ٣,٢ ٪ فى مرحلتى الإثمار والشيخوخة على الترتيب.

وفى دراسة أخرى للمؤلف (Ahmed, 1988 a) تم خلالها دراسة سلوك فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية المزروعة فى حقول كفر الزيات بمحافظة الغربية مصر،

حيث تم جمع عينات أسبوعية خلال صيف عام ١٩٨٥ . وعوملت أوراق الـذرة فـي محلول الأسيتون في حمام مائي للتخلص من الكلوروفيل ، ثم صبغت بـاللاكتوفينول المضاف إليه صبغة أزرق القطن lactophenol - cotton blue ، وفحصت العينـات ميكروسكوبيا .

وأظهرت هذه الدراسـة انتشار فطـريات داكـنة اللـون علـى عـروق الأوراق عنها على بـاقي نصل الـورقـة . ولقـد اختلفت حجـم المستعمـرات الفطريـة المتكونة تبعا لنوع الفطر وعمر المستعمرة ؛ حيـث تراوحـت بيـن ٠,٠١٨ و ٠,٢٥ ملليمتر مربع .

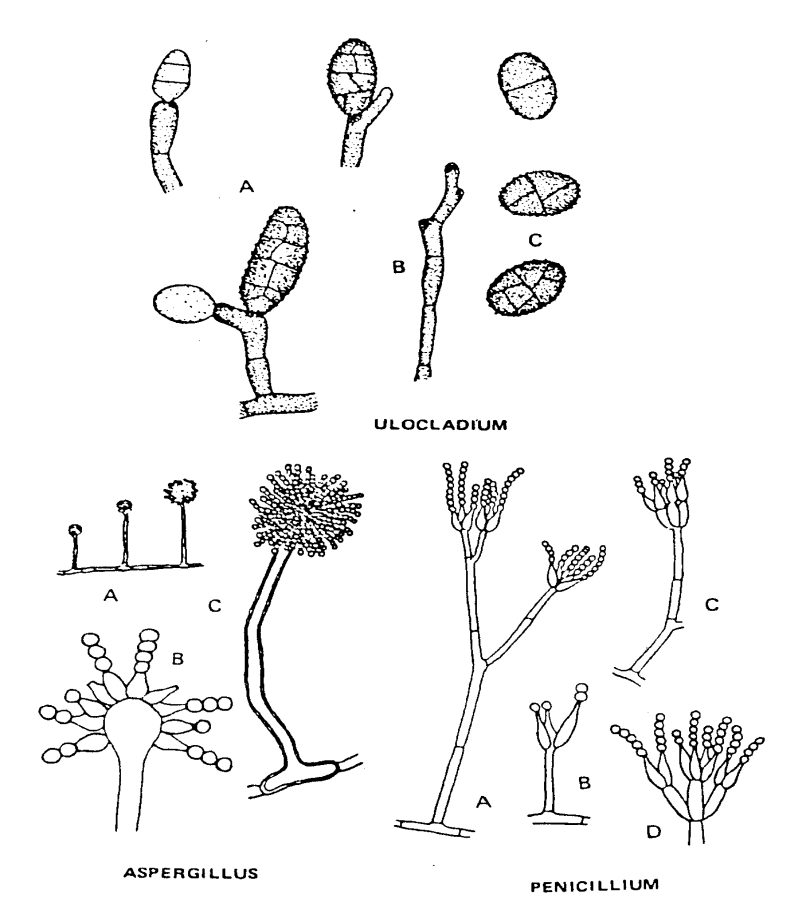
ولقد وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* من أوائل الفطريات التي تنمـو على سـطوح أوراق الذرة الشامية ، يلية الفطر *Cladosporium cladosporioides* و *C. herbarum* ، بالإضافة إلى أنواع مـن الفطـر *Fusarium* . ووجـدت هـذه الفطريات على سطحي الأوراق كجـراثيم في بادئ الأمر ، ثم كنمو ميسليومي بعـد ذلك .

كما ظهرت خلايا الفطر *A. pullulans* متبرعمة في خلايا تشبه خلايا الخميرة على سطوح أوراق الذرة الشامية ، وأيضا تكونت هيفات قصيرة . وتبع ظهور هذه النموات الفطرية تكوين جراثيم كلاميدية داكنـة اللون ، تتجمع مع بعضـها مكونـة أجسـاما حجرية دقيقة microsclerotia ؛ حيث أطلق (1971) Pugh & Buckley على هـذه التراكيب اسم Fumagoid .

ولقد تم تعريف عديد من الفطريات على السطح العلوي لأوراق الذرة الشامية ، مثال ذلك : فطريات .*Stemphylium* spp ، وفطر .*Epicoccum* spp ؛ حيث أطلق عليـها (1971) Ruscoe اسم " epiphyllous phyllosphere " . وأيضا شوهـدت نمـوات هيفية وحوامل كونيدية وكونيديات للفطريات *C. herbarum* و *C. cladosporioides* و *E. purpuranscens* و *A. alternata* على سطوح أوراق الذرة الشامية خلال موسم النمو .

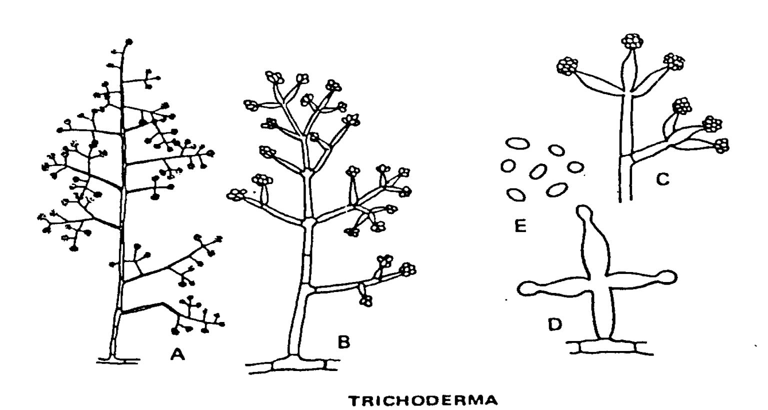
وفي هذه الدراسـة (Ahmed, 1988 a) شـوهدت فطريات أخرى ولكن بنسـبة أقـل ؛ مثـال ذلـك فطريـات : *Aspergillus niger* ، و *A. ochraceous* ، *Penicillium* spp. ، و *Botrytis* spp. ، و *Martensella* spp. ، و *Stemphylium* spp. ، و *Drechslera maydis* ، و *Trichoderma* sp. ، و *Rhizopus nigricans*.

كما لوحظت زيادة أعداد هذه العشائر الفطرية مع تقدم النبات فى العمر ؛ حيث وصلت إلى أقصى حد لها عند شيخوخة أوراق الذرة الشامية .



شكل (٥ - ٩) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق.

وتوضح الدراسات السابقة أنه فى الظروف تحت الاستوائية تسود عشائر الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* أكثر من عشائر الجنس *Cladosporium* ؛ الذى ينتشر أكثر على سطوح أوراق النباتات النامية فى ظروف البيئة المعتدلة ، ففى المناطق الجافة الحارة تسود الفطريات المتحملة لهذه الظروف على سطوح الأوراق ، مثال ذلك : الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* ، بينما يثبط نمو الفطريات الأخرى (Dickinson, 1967) .



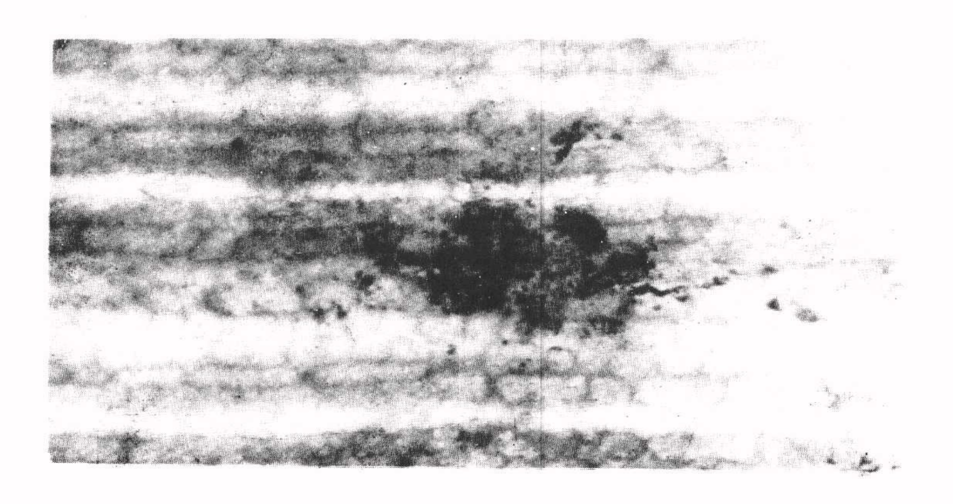
شكل (٥ - ١٠) : الحوامل الكونيدية (A . B) الحاملة لكونيديات الفطر *Trichoderma* ، بينما يوضح D . C القارورات المنتجة للكونيديات ، E كونيديات وحيدة الخلية.

ومن ناحية أخرى يقل انتشار الخمائر على سطوح الأوراق للنباتات النامية فى المناطق تحت الاستوائية من العالم ، بينما تنتشر هذه الخمائر على سطوح أوراق النباتات النامية فى المناطق المعتدلة .

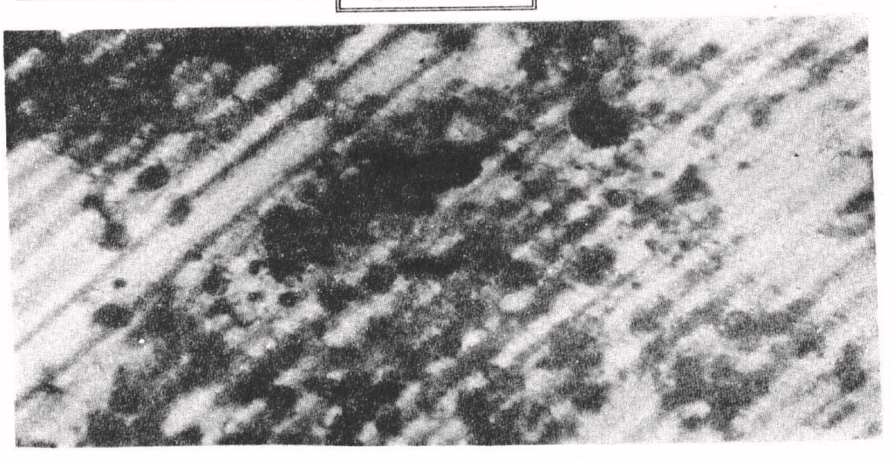
ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) فى دراسته لخمائر سطوح أوراق الشعير فى ألمانيا أن الخمائر البيضاء *Candida hordei* و *Cryptococcus* spp. تنتشر بوفرة ، بينما ظهرت الخميرة الحمراء *Sporobolomyces roseus* بنسبة أقل ، وكانت الخميرة البرتقالية *Bullera aurantiaea* قليلة الانتشار .

أما فى المناطق تحت الاستوائية ، فلقد وجد عبدالوهاب (١٩٧٥) أن نسبة انتشار الخمائر على سطوح أوراق نباتات القطن فى مصر لا تتعدى ٣,٩ ٪ ، وأرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض رطوبة الجو ؛ حيث يثبط ذلك نمو الخمائر .

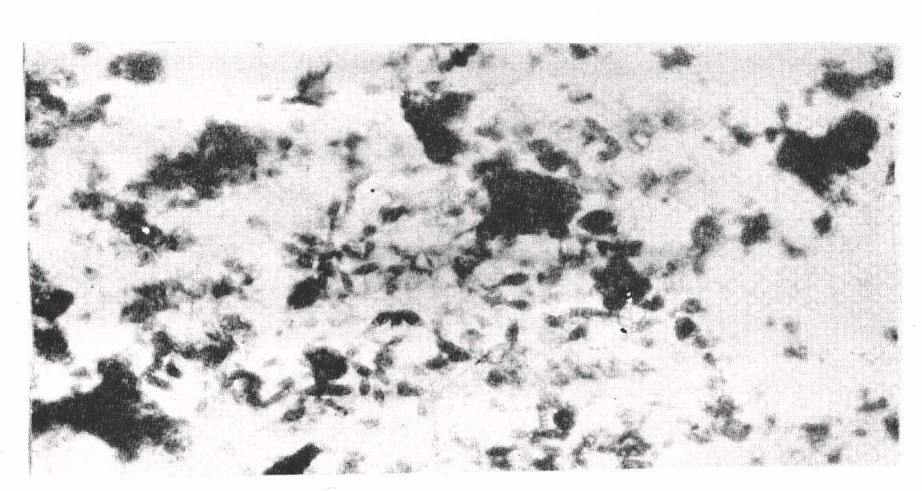
وكذلك وجد المؤلف واخرون (Raafat et al. 1988) أن نسبة وجود عشائر الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبيضاء *Cryptococcus magnus* على سطوح أوراق القمح المنزرع فى مزرعة شلقان بمحافظة القليوبية بمصر قليلة للغاية ، بالمقارنة بالفطريات الهيفية .



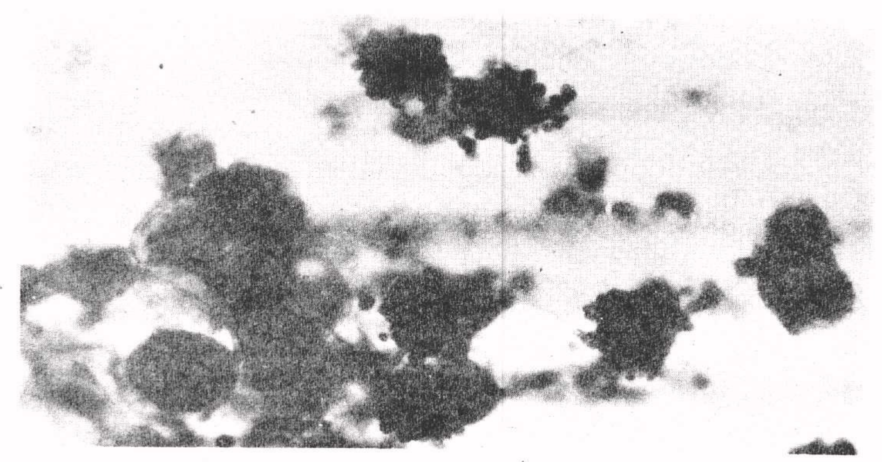
صورة (٥ - ١١) : تراكيب لجسيمات حجرية صغيرة . (fumagoid) microsclerotia للفطر *Aureobasidium pullulans* على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



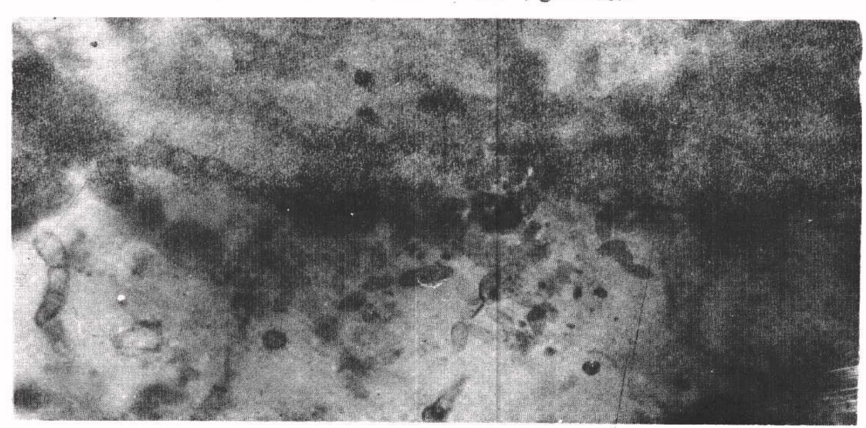
صورة (٥ - ١٢) : عشائر لفطريات داكنة اللون على طول عـــروق الأوراق للســـطح العلـــوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٤٨ ضعفا) .



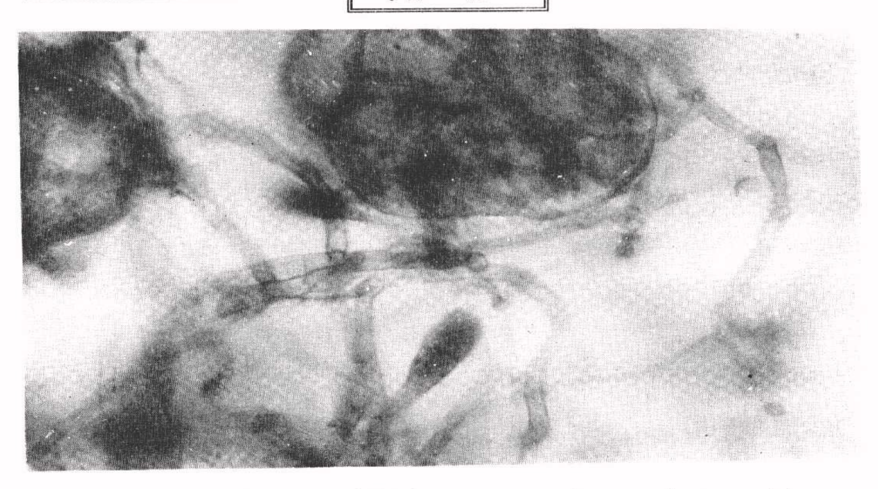
صورة (٥ - ١٣) : جراثيم الفطر *Alternaria alternata* والفطر *Stemphylium* sp. علـــى السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



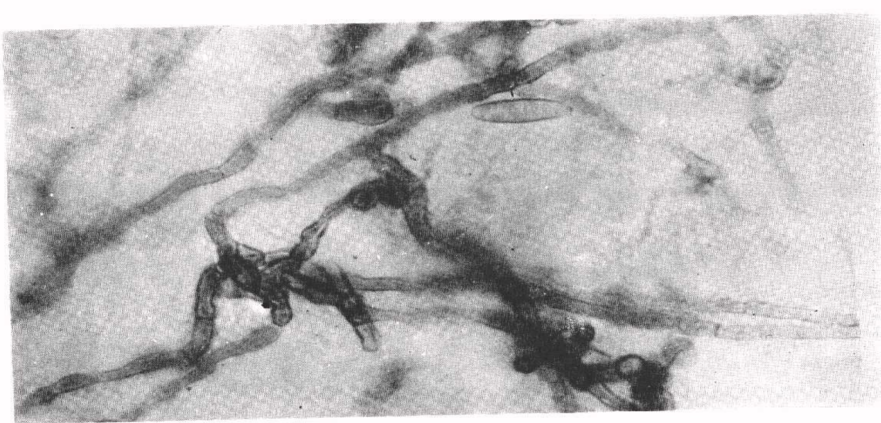
صورة (٥ - ١٤) : تجمعات من حبوب اللقاح ينمو عليها فطر *Epicoccum purpurascens* على السطح العلوى لورقة الذرة . لاحظ تكوين كويمات كونيدية للفطر على حبوب اللقاح (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



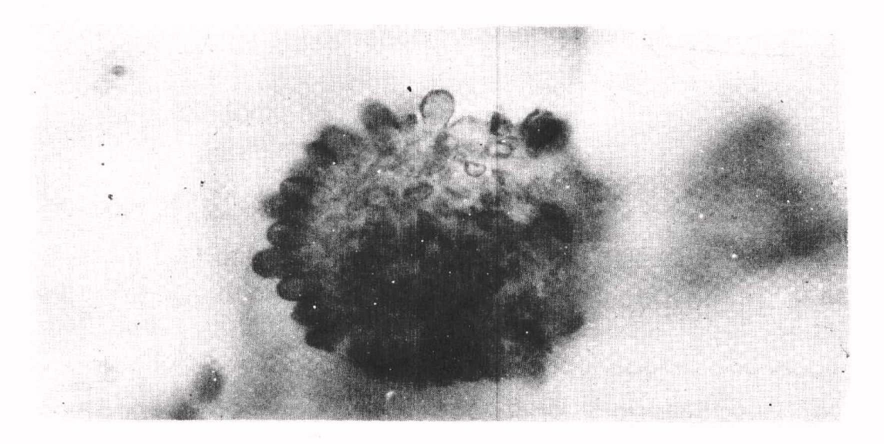
صورة (٥ - ١٥) : نمو ميسليومى وكونيديات الفطر *Cladosporium herbarum* على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



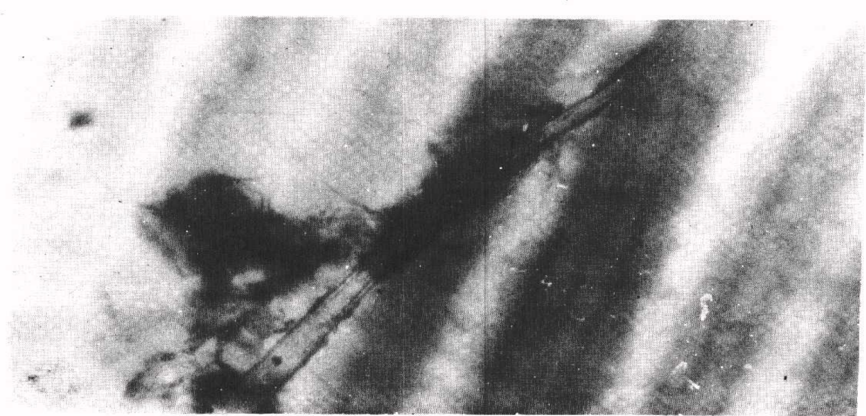
صورة (٥ - ١٦) : نمو ميسليومى وكونيديات مبعثرة للفطر *Alternaria alternata* علـى حبوب اللقاح على السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ - ١٧) : نمو ميسليومى وكونيديات مبعثرة للفطر *Helminthosporium* sp. علـى السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ – ١٨) : كويمة كونيدية ناضجة mature sporodochium للفطـــر *Epicoccum purpurascens* على السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبـــير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ – ١٩) : شعيرة من أورق الـــذرة الشـــاميـــة مغـــطاة بنمـــو ميســـليومى للفطـــر *Cladosporium* sp. (تكبير ١٥٠ ضعفا) .

وفسر Fokkema (1977) هذه المشاهدات على أساس احتياج هذه الخمائر إلى رطوبةٍ نسبيةٍ عاليةٍ ، تتراوح بين ٨٥ ٪ و ٩٥ ٪ ؛ حيث تتضاعف عددها كل ثلاثة أيام ، فإذا انخفضت الرطوبة الجوية إلى ٧٥ ٪ قل النمو ، وعند ٦٥ ٪ رطوبة نسبية وحرارة ٣٢°م تقل أعداد هذه الخمائر إلى أدنى حدٍّ .

سادساً ـ طرق دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق:

هناك عديد من الطرق المستخدمة فى دراسة الأحياء الدقيقة النامية طبيعيًّا على سطوح الأوراق، ولكن من الصعب تفصيل طريقةٍ على أخرى ؛ حيث إن اختيار الطريقة المناسبة للدراسة يتوقف على طبيعتها ؛ سواء أكانت كمية أم نوعية ، وعلى طبيعة سطح العضو النباتى تحت الدراسة ، ونوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها ، وغير ذلك من عوامل .

كما تلعب الظروف الخارجية دوراً كبيراً فى انتشار الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ؛ وبالتالى على اختيار الطريقة المناسبة لدراستها . ومن الظروف الخارجية المؤثرة على هذا الانتشار : الحرارة ، والإشعاع الضوئى ، و سرعة الرياح ، ومعدل سقوط الأمطار وكمياتها ، ومعدل التلوث بالمواد الكيميائية ، وغير ذلك من عوامل خارجيةٍ .

ولعل أكثر الطرق استخداما فى دراسة هذه الأحياء الدقيقة .. طريقة التخفيف والإنماء على سطح بيئة الاجار dilution plate technique (Dickinson, 1971) . وتتميز هذه الطريقة بعد الأجزاء الحية للكائنات الدقيقة viable propagules فى العينة الورقية تحت الدراسة ، والتى تناظر عدد المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الآجار فى الأطباق البترى .

ويلاحظ – فى هذه الطريقة – أن المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الاجار بعيدة بعضها عن بعض ، ولا تتأثر بما حولها من مستعمرات أخرى ، وهذا لا يشابه طبيعة النمو المتداخل لعشائر الكائنات الحية الدقيقة النامية طبيعيا على سطوح الأوراق ؛ حيث يشجع بعضها نمو البعض الآخر ، بينما تثبط بعض هذه الأحياء الدقيقة غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى .

ومن أهم طرق دراسة هذه الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق :

١ - طـــريقـــة غـــسيل سطـــح العينات النباتيـــة

Surface washed explants (Dickinson. 1967) .

٢ - طريقة البصمة الورقية (Leaf impression technique (Potter, 1910 .

٣ - طريقة هرس العينة النباتية (Maceration technique (Leben, 1971 .

٤ - طريقة الفحص المباشر لسطوح النبات .

Direct examination of plant surfaces (Beech & Davenport, 1971) .

٥ - طريقة الفحص غير المباشر لسطوح النبات .

Indirect examination of plant surfaces (Mc Coy & Dimock, 1971) .

٦ - طريقة غرفة الرطوبة (Moist chamber technique (Dickinson, 1967 .

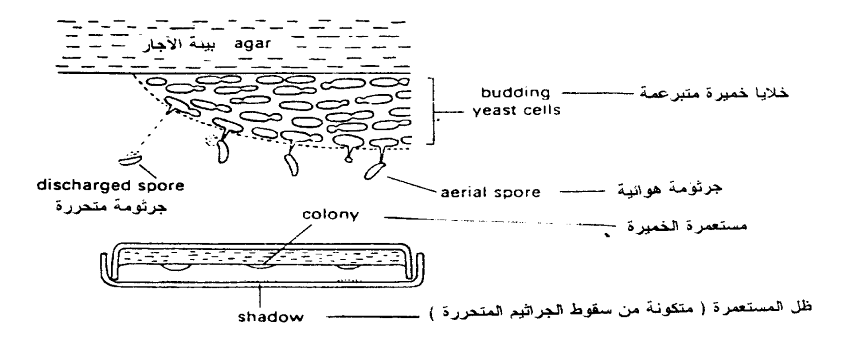
٧ - طريقة تساقط الجراثيم (Spore-fall method (Last, 1955 a .

٨ - طريقة المصـــايـــد (Baiting technique (Sparrow, 1960 .

٩ - طريقة استخدام بيئات متخصصة (Using selective media (Tsao, 1970 .

١٠ - طريقة التنمية (Culture method (Hudson & Webster, 1958 .

ويحدد نوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها اختيار إحدى الطرق السابقة للدراســـة ؛ فعلى سبيل المثال تستعمل طريقة غرفـــة الرطوبـــــة moist chamber technique لدراسة وعزل الفطريـــات اللزجة myxomycetes من الأعضاء النباتيـــة المتعفنـــة ، وأيضا لتشجيـــع نمو الفطر *Helminthosporium* على الأوراق . بينمـــا تستخـــدم طـــريقـــة ســـقوط الجـــراثيم Spore-fall method لدراســـة وعزل الخمـــائر التـــى تقـــذف جراثيمـــها بقـــوة ؛ مـــــثال ذلـــك : الخمـــائر التابعـــة للعائلـــة Sporobolomycetaceae. وأيضـــا بعـــض الأنـــواع التابعـــة للجنـــس الفطـــرى *Cladosporium* ، بينما تستخـــدم طريقـــة المصـــايد Baiting technique لعـــزل ودراسة الجراثيم الهدبية .



شكل (٥ - ٢٠) : فطر الخميرة من الجنس *Sporobolomyces* . يوضح الشكل السفلى طبق بترى فى وضع معكوس ، يحتوى على بيئة الاجار ، تنمو عليها مستعمرات من الخميرة السابقة ، بينما يتكون على غطاء الطبق البترى من الداخل صورة بالمرآة تقابل مستعمرات الخميرة النامية على بيئة الآجار تتكون من سقوط الجراثيم البازيدية المتحررة ، بينما يوضح الشكل العلوى جزءا مكبرا من مستعمرة الخميرة ، حيث تنمو خلاياها متبرعمة فى نمو لزج ، بينما تكون الخلايا السطحية ذنيبات sterigmata تحمل عليها جراثيم بازيدية هوائية aerial basidiospores تقذف بقوة ، حيث تسقط إلى أسفل على غطاء الطبق البترى مكونة ظل للمستعمرة أو صورة بالمرآة لها .

سابعا ـ التقدير الكمى لفطريات سطوح الأوراق :

تستخدم - عادة - طريقة التخفيف والإنماء على سطح بيئة الآجار dilution plate method (Dickinson, 1971 ; Lindsey, 1976) لتقدير أعداد وأنواع الفطريات الهيفية والخمائر الموجودة على سطح أوراق النباتات ؛ حيث تعتمد هذه الطريقة على تكوين معلق من الجراثيم والقطع الهيفية لهذه الأحياء الدقيقة المراد دراستها .

ويضاف - عادة - نقطة واحدة من مادة ناشرة (مثل Tween 80) إلى الماء المقطر المعقم المستخدم فى عمل معلق الوحدات المكروبية microbial propagules ؛ حيث يتم رج الأوراق لتحرير هذه الوحدات الميكروبية ؛ مكونة معلقا يجرى تخفيفه

تبعا لدرجة تركيز الوحدات الميكروبية فيه ؛ وذلك باستخدام انابيب تحتوى على مـــاء مقطر معقم .

ويؤخذ – عادة – ٠,١ ملليلتر من اخــر تخفيف لهذا المعلــق الميكروبى، وينشـــر على سطح بيئة اجار مناسبة ، ثم يترك لتنمـــو هـــذه الوحـــدات الميكروبيـــة مكونـــة مستعمرات يمكن عدها والتعرف عليها بعد فترة تحضين كافيـــة تحت ظروف مناسبة ، ثم ينسب أعداد هذه الأحـــياء الدقيقة إلى وحدة مساحة عينة الأوراق المســـتخدمة فـــى الدراسة .

وتعطى هذه الطريقة صورة تقريبية عن كثافة عشائر الأحياء الدقيقة على ســـطوح أوراق النبات ، ولكن لا يمكن التوصل إلى الأعداد الحقيقية لهذه الأحياء الدقيقة . وعلى الرغم من ذلك يمكن مقارنة النتائج المتحصل عليها لدراســـة تـــأثير بعـــض العوامـــل الخارجية على أعداد وأنواع هذه العشائر الميكروبية ، وكذلك طبيعة العلاقة بين هـــذه الأحياء الدقيقة وسطوح النبات .

ويلاحظ فى هذه الطريقة أن رج أوراق النباتات فى الماء لا يـــؤدى إلـــى تحـــرر جميـــع الأحياء الدقيقة فى محلول الرج ، بل تظل نسبة ملتصقة بسطح الأوراق حتـــى لو أضيفت مادة ناشرة مثل Tween 80 (Parbery et al., 1981) .

ويستعمل – عادة – ناشر زجاجى لتوزيع معلق وحدات الأحياء الدقيقة على ســـطح بيئة الاجار ، ويؤدى ذلك إلى فقد عدد غير معلوم من الوحدات الميكروبية؛ مما يؤثـــر على العـــدد النهائى المتحصل عليه من المستعمرات الميكروبية علـــى ســـطح بيئـــة الاجار (Ahmed, 1983) .

ويعيب هذه الطريقة عدم إمكانية تحديد مصدر المستعمرات الميكروبية النامية على سطح الأوراق ؛ سواء أكانت من الســـطح العلـــوى epiphyllous phyllosphere ، أم السطح السفلى hypophyllous phyllosphere ، وأيضا موقع هذه الأحياء الدقيقة على سطح نصل الورقة . وحيث إن الوحدات الميكروبية الساكنة غير تامة النضج ولا تكون مستعمرات ميكروبية على سطح بيئة الاجار ، فإنه يغفل ذكرها ، وكذلك الأحياء الدقيقة التى لا تناسبها البيئة المستعملة ولا ظروف التحضين ؛ فتكون مستعمرات صغيرة ربما لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة .

وقد تشترك أكثر من وحدة ميكروبية microbial propagule فى تكوين مســـتعمرة

واحدةٍ على سطح بيئة الأجار ؛ مثال ذلك كونيديات متجمعة ، أو قطع هيفية متعـــددة ، أو مجـــموعة من الكونيديـــات والقطـــع الهيفيـــة لنفس الفطـــر ؛ وهـــذا يعـــــنى أن عدد المستعمرات المتكونـــة على ســـطح بيئة الاجـــار يقل كثـــيرا عـــن عـــدد تلـــك الوحدات الميكروبيـــة فى المعلق ، والذى يقل – بـــدوره – عن العدد الحقيقـــى علـــى سطح الورقة .

وكذلك لا يمكن معرفة نوع الوحدة الفطرية المكوّنة للمستعمرة علـــى ســـطح بيئـــة الأجار ؛ فقد تكون كونيدة ، أو جزءا هيفيًا ، أو غير ذلك ؛ تبعا لنـــوع الكـــائن الحـــى الدقيق تحت الدراسة ؛ لذلك يستخدم المصطلح " وحدة فطرية propagule "أو " الوحدة المكوّنة للمستعمرة colony forming unit (CFU) " (Fokkema, 1981) .

ويتبع – عادةً – استخـــدام بيئة ذات محتـــوى غـــذائىّ قليـــلٍ ؛ مـــــثال ذلـــك بيئـــة " جُـــوفّى " Joffe medium (Joffe, 1963) لإنماء المستعمرات الفطريـــة ؛ حيث يتبـــع تحضين هذه الأطباق على درجـــة حرارة ١٦°م ، وتُعرّض للأشعة فـــوق البنفسجية (الضوء المعـــتم) ؛ وذلك بغرض تحديد حجم المستعمرة الفطريـــة ودفـــع الفطـــر للتجرثم ؛ مما يسهل التعرف عليـــه قبل أن تتداخـــل المســـتعمرات الفطريـــة المتكونة .

ثامناً ـ مصدر فطريات سطوح الأوراق :

تعمل الأوراق الحية للنباتات الحولية والأشـــجار كمصايـــــد للفطريـــات القاطنـــة للهـــــواء (air – borne fungi) ؛ حـــيث تتـــساقط عليـــها الوحـــدات الفطـــرية fungal propagules ؛ مثل الجراثيم بمختلف أنواعها ، والقطع الهيفية ؛ وذلـــك عـــن طريق الترسيب بواسطة الجاذبية الأرضية deposited by gravity ، وعـــن طريـــق تبادل طبقات الهواء boundary layer exchange ، والتصـــادم impacting ، وكذلـــك عن طريق قطرات الأمطار وطرطشة الماء water splash .

وتتميز جراثيم الفطريات القاطنة للهواء بأنها عادة جافة ، ذات جدار خشـــن أو ذى أشواك ، كما أن هذه الجراثيم سهلة الانفصال عن حواملها . ومن الأمثلـــة النموذجيـــة لمثل هذه الجراثيم ، الجراثيم اليوريدية urediospores لفطريات الأصداء، حيث يعمل سقوط الأمطار على غسل هذه الجراثيم المعلقة فى الهواء .

وتتميز الجراثيم التى تنتقل عن طريق طرطشة الأمطار بأنها رطبة أو لزجة، كما أن تأقلم هذه الجراثيم على مقاومة الترسيب فى المعلق المائى أقل من الفطريات المائية . بينما تتميز الجراثيم التى تترسب على سطوح الأوراق عن طريق التصادم بكبر حجمها ، مثال ذلك كونيديات فطريات البياض الدقيقى ، والأكياس الإسبورانجية لفطريات البياض الزغبى ، بعكس الحال فى الجراثيم المنتشرة بواسطة طرطشة الأمطار ، فهى صغيرة الحجم ، كروية الشكل .

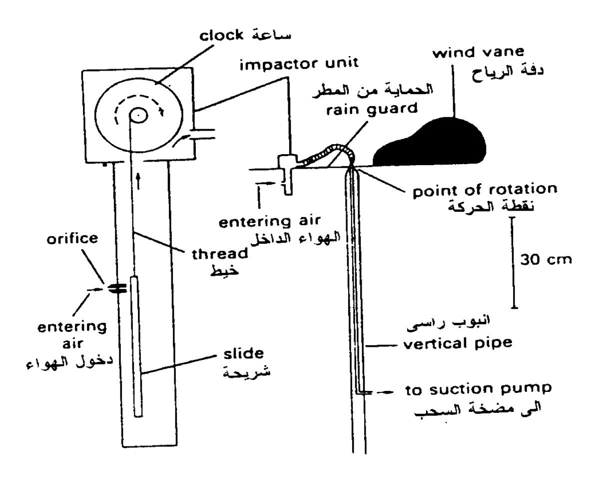
ومعظم الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق عبارة عن أفراد تتبع الخمائر المحبة للظل shadow yeasts التابعة للعائلة Sporobolomycetaceae ، حيث تنتج هذه الخمائر جراثيم دقيقة الحجم قاطنة للهواء .

ويعتبر سطح الورقة مصيدة نموذجية لجراثيم الهواء ، وذلك راجع إلى أن أنصال الأوراق تعترض حركة الهواء سواء أفقياً أم راسياً ، كما أن سطوح الأوراق تكون عادة جافة أو رطبة ، ملساء أو مغطاة بشعيرات دقيقة ، لامعة أو مطفية ، مغطاة بطبقة شمعية أو غير مغطاة .

ونتيجة لما سبق ، لا تلتصق جميع الوحدات الفطرية التى تتساقط على سطوح الأوراق ، بل إن بعضها يفقد عن طريق حركة الهواء أو قد يغسل بمياه الأمطار . كما قد تعمل حركة قطيرات ماء الندى – فى الصباح المبكر – على إعادة توزيع العشائر الفطرية على سطوح الأوراق.

وتتميز جراثيم بعض الفطريات بأن لها مرحلتين من الية الانتشار ، فعلى سبيل المثال تعتبر الأكياس الإسبورانجية للأنواع الممرضة من الجنس *Phytophthora* ، وكذلك لبعض أجناس فطريات البياض الزغبى من رتبة Peronosporales من قاطنات الرياح wind-borne fungi ، حيث تصطدم عادة بسطوح أوراق النبات وتترسب عليها .

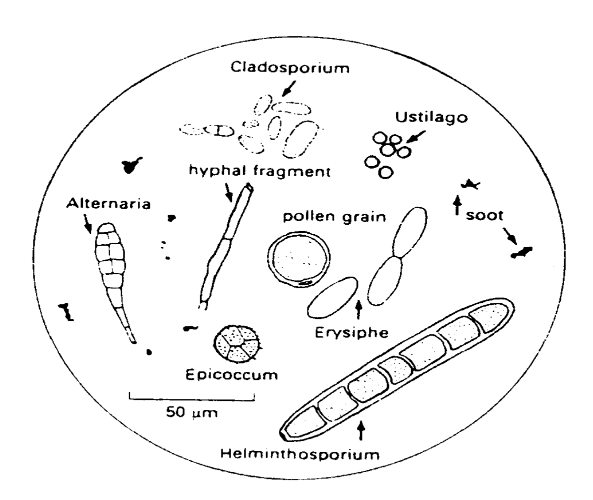
ويتم إنبات هذه الأكياس الأسبورانجية – تحت ظروف الرطوبة العالية – إنباتا غير مباشر بإعطاء جراثيم هدبية متحركة ، تسبح لفترة فى طبقة الرطوبة الموجودة على سطح الورقة . وقد يتم نقل هذه الجراثيم الهدبية إلى أوراق أخرى مجاورة عن طريق طرطشة قطيرات المطر .



شكل (٥ - ٢١) : رسم يوضح تركيب مصيدة الجراثيم القاطنة للهواء air-borne spore-trap.

وليس من المستبعد مشاهدة أية جرثومة من الجراثيم الفطرية القاطنة للهواء على سطوح الأوراق . وعند تجهيز معلق من الأحياء الدقيقة الموجودة على سطوح الأوراق ، وإنمائه على بيئة غذائية صلبة مناسبة ، فإنه تنمو عديد من الخمائر والفطريات الهيفية لأطوار ناقصة تتبع الفطريات الأسكية ، وأيضاً بعض الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales . وقد يتصادف مشاهدة بعض الفطريات التابعة للماستيجومايكوتات Mastigomycotina وللفطريات البازيدية Basidiomycotina نامية على سطح بيئة الاجار .

وكذلك يوضح الفحص الميكروسكوبى لبصمة سطوح أوراق النباتات أو للسلخ المصبوغ وجود أفراد من الفطريات السابقة ، وكذلك جراثيم لبعض الفطريات الأسكية والبازيدية الأخرى ، تشمل بعضاً من فطريات عيش الغراب الأجاريكية agarics والثقبية polypores والمعدية gasteromycetes . ومثل هذه الفطريات لا تنمو عادة على سطح بيئة الاجار المستعملة فى دراسة فطريات سطوح الأوراق ، وقد تنمو ببطء بحيث لا تتكون مستعمرات يمكن رؤيتها بالعين المجردة .



شكل (٥ - ٢٢) : الوحــدات التى تم تجميعها من الهواء على شريحة الفحص الميكروســكوبى من مصيدة الجراثيم السابقة كما تبدو تحت الميكروسكوب ، حيث تظهر حبوب لقاح pollen grains وقطع هيفية hyphal fragments وكتل من الــــهباب soot بالإضافة إلى أشكال مختلفة من جراثيم الفطريات

ولقد وجدت علاقة طردية بين عدد الوحدات الفطريـــة الموجــودة فـــى الــــهواء ، وعددها على سطوح الأوراق فى نفس المكان (Moustafa, 1971) . كما وَجَد Last (1955 b) أعداداً كبيرة من جراثيم الفطر *Cladosporium* spp. والفطر *Alternaria* spp. فى الهواء فوق حقول النباتات النجيلية .

وأيضا وجــد Pugh & Buckley (1977) أن أعــداد العشائر الفطريـــة التابعــة للفطــر *Cladosporium* spp. كانت نادرة الوجــود علـــى ســطوح أوراق أشجــار الإسفندان sycamore فى شهر مايو . أما فى شهر يوليــو فإن جراثيم الفطـــر كـــانت موجــودة بكمياتٍ كبيــرةٍ فى الهواء ؛ مما أدى إلى زيـــادة أعدادهـــا علـــى ســطوح الأوراق .

ولقد وجدت جراثيم أنواع من الجنس *Cladosporium* – الشائع الانتشـــار علـــى سطوح أوراق النباتات فى المناطق المعتدلة – بنسبة عالية فى هـــواء بعـــض المـــدن الإنجليزية ، فعلى سبيل المثال وصلت نسبته فى هواء مدينة كمبريدج Cambridge إلى حوالى ٧٩ ٪ (Hudson, 1969) ، وكانت نسبته فى مدينة نوتنجـــهام Nottingham حوالى ٧٣ ٪ (Pawsey & Heath, 1964) ، ووصلت نسبته إلى ٦٩,٦ ٪ فى هواء مدينة نينستيز Nine sites (Richards, 1956) ، وإلى ٥١,٦ ٪ فـــى هـــواء مدينـــة كارديف Cardiff (Hyde & Williams, 1953) .

ووجـــدت جراثيـــم هذا الفطـــر أيضا في هواء مدينـــة هونج كونج بنسبة ٦٥,٧ ٪ (Turner, 1966) ، وفـــى هـــواء مـــدينـــة مـــونتـــريال بكـــندا بنسبـــة ٤٧,٧٪ (Pady & Kapica, 1956) ، ووصلت نسبته إلى حوالى ٤٤,٥٪ فى هـــواء مدينـــة مانهاتن Manhatten بالولايات المتحدة، وكانت نفس النسبة السابقة موجودة فى هـــواء مدينة بارشلونة بإسبانيا (Torras et al., 1980 a,b) .

وكانت نسبة وجود جراثيم الفطر *Cladosporium* أقل انتشارا فى هواء المنـــاطق تحت الاستوائية ، وارتبط ذلك بالأعـــداد القليلـــة لعشائر هذا الفطر على سطوح أوراق النباتات المنتشرة فى هـــذه المناطق . ولقد اهتم الكثيرون بدراســـة انتشـــار جراثيـــم الفطر *Cladosporium* فى هواء عـــديد من دول المناطـــق تحت الاستوائية ؛ مثـــال ذلك هواء مدينـــة القاهـــرة (Zaky, 1960) والإسكندرية (Saad, 1958) وأسيوط (Moubasher et al., 1971 و Moubasher & Moustafa, 1974) .

كما درس Ali et al., (1977) انتشار جراثيم هذا الفطر فى هواء مدينة الريـــاض بالمملكة العربية السعودية ، ودرس Moustafa & Kamell (1976) ذلك فـــى هـــواء مدينة الكويت. وفى نيجيريا درس Darnsfield (1966) انتشار هذا الفطر فى هوائها، وأيضا درس Sreeramulu & Seshavataram (1962) ذلك فى الهند .

تاسعا - بيئة سطوح الأوراق :

تسقط الوحدات الفطرية – وكذلك وحدات الأحياء الدقيقة الأخرى – على ســـطوح الأوراق ؛ حيث تلائم هذه البيئة الجديدة بعض هذه الأحياء دون الأخرى ؛ فتنمـــو فـــى عشائر متداخلة على سطوح الأوراق مكونة مجتمعا متوازنا من عشائر الأحياء الدقيقة .

وتعتبر سطوح الأوراق بيئة غنية بالمواد الغذائية المفرزة exudates من النبات ، بالإضافة إلى عديد من المركبات الكيميائية الناتجة من النشاط الحيوى والتمثيل الغذائى للأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق ؛ مثل البكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا . وتترسب على سطوح الأوراق عديد من المواد العضوية وحبوب اللقاح التى تمثل مصدرا غذائيا هاما للأحياء الدقيقة فى هذه البيئة ، حيث تعتبر مثل هذه الأحياء الدقيقة من المتغذيات على المركبات الكيميائية العضوية chemo-organotrophs .

وتترسب المواد العضوية السابقة – وكذلك المواد الملوثة للبيئة – على سطوح الأوراق عن طريق قطيرات الأمطار والطرطشة وهبوب الرياح . وتؤثر هذه المواد العضوية على عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ؛ مثل : الفطريات الهيفية ،والخمائر، والبكتيريا والأكتينوميسيتات ، بالإضافة إلى بعض أنواع الحيوانات مفصليات الأرجل .

وتؤثر فى بيئة سطوح الأوراق مجموعة من العوامل . أهمها نوع العائل النباتى الذى تنمو هذه الأحياء الدقيقة على سطحه . فعلى سبيل المثال ، يلعب تركيب بشرة النبات – خاصة الكيوتكل – دورا أساسيا على نمو الأحياء الدقيقة ؛ حيث يرجع ذلك إلى المواد الشمعية المعقدة المفرزة من خلايا البشرة (Hallam & Juniper, 1971) .

وقد يتداخل شكل طبقة الكيوتكل بطريقة غير مباشرة مع الخصائص الحيوية لسطح النبات ؛ وذلك عن طريق تأثيره على النتح الثغرى والنتح من خلال طبقة الكيوتكل . كما يؤثر تركيب طبقة الكيوتكل على حركة المواد الذائبة فى طبقة الماء الرقيقة على سطح الأوراق ، بل وعلى درجة ترطيب سطح الورقة نفسها .

وتتركب طبقة الكيوتكل من ليبيدات وشموع وكيوتين ، ويعتبر الكيوتين cutin المركب الأساسى ، وهو معقد من أحماض دهنية وأحماض دهنية هيدروكسيلية مغمورة فى طبقة من الشمع . ويدخل فى تكوين الكيوتكل سيليلوز وبكتين وبعض المركبات الفينولية المعقدة .

وتشجع بعض الشموع الداخلة فى تركيب الكيوتكل على نمو الفطريات على سطوح الأوراق، بينما هناك شموع تثبط نموها ؛ فعلى سبيل المثال، وجد (Heather (1967 أن الطبقة الشمعية التى تغطى سطوح أوراق أشجار الأوكالبتوس تؤثر على بقاء كونيديات الفطر *Phaeoseptoria eucalypti* محتفظة بحيويتها .

كما وجد Robinson (1967) أنه عند سقوط جراثيم الفطر *Botrytis cinerea* على بشرة ورقة النبات ، فإنها تتشرب ماء قطيرات الندى المتكونة خلال الليل بسرعةٍ ؛ مما يساعدها على الالتصاق بسطح البشرة والإنبات .

وتعتمد بعض فطريات سطوح الأوراق على قدرتها فى تحليل الليبيدات فى نموها تحت ظروف هذه البيئة ؛ فلقد وجد Ruinen (1966) الفطر *Cryptococcus laurenti* والفطر *Rhodotorula glutinis* – وهما من خمائر سطوح الأوراق – يفرزان إنزيمات lipases على بشرة نبات الألوه Aloe – وهو نوع من الصبار – وأيضاً على بشرة أوراق نبات *Sanseviera* .

وتحتوى إفرازات أوراق النباتات leaf exudates على عديدٍ من العناصر الكبرى والعناصر الصغرى ، بالإضافة إلى كمياتٍ كبيرةٍ من المركبات العضوية ، تشمل السكريات البسيطة ، والمواد البكتينية ، والكحولات السكرية ، والأحماض الأمينية ، والأحماض العضوية ، بالإضافة إلى الجبرلينات ، والفيتامينات ، والمواد الفينولية (Mitchell, 1968) .

ولقد وجد Stocking (1956) عديداً من الأملاح الذائبة فى طبقة الماء الرقيقة على سطح بشرة أوراق النبات ؛ مثل أملاح الفوسفات والكبريتات والنترات والكلوريدات لكاتيونات الأمونيا والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم بتركيزات تصل إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون .

ويختلف معدل إفراز سطوح الأوراق من المواد السابقة باختلاف نوع النبات ، ورطوبة الهواء المحيط به الذى يتمثل فى الأمطار والضباب والندى . كما تلعب ظروف البيئة حول النبات دوراً هاماً فى معدل إفرازات سطح الأوراق ؛ حيث تعمل زيادة شدة الإضاءة وارتفاع الحرارة وسرعة الرياح ، بالإضافة إلى زيادة الرطوبة النسبية حول النبات على زيادة إفرازات الأوراق (Tukey, 1971)

وعلاوة على ما سبق ، فلقد وُجد أن الأعضاء النباتية الصغيرة العمر تظهر معدلاً منخفضاً من الإفرازات بالمقارنة بالأعضاء النباتية الناضجة . ولقد وجد Mitchell (1968) أن إفراز المواد الكربوهيدراتية على سطح أوراق نبات الكريزانثمم ونبات الهانسية تزداد عندما تتكون البراعم الزهرية ، وتصل إلى أقصى حدٍّ لها عند مرحلة الإزهار ، ثم تنخفض – بعد ذلك – فى مرحلة شيخوخة النبات .

ويبدو أن المواد المغذية العضوية يتم إفرازها من تيار العصارة النباتية المتدفق خلال النبات ؛ حيث يفرز خارجيًا على السطح . وعلى الرغم من زيادة أعداد الثغور على السطح السفلى للأوراق ، إلا أن معدل إفراز هذه المواد المغذية على السطح العلوى يبلغ حوالى ٧٠ ٪ ؛ ويدل ذلك على أن هذه الإفرازات تجد لنفسها طريقاً اخر غير الثغور لتخرج من خلاله ؛ مثال ذلك الإدماع من الثغور المائية hydothodes ، وأيضا خروج الإفرازات من زوائد البشرة trichomes .

ولقد وجد Bollard (1960) عديدا من الأحماض الأمينية فى محلول ماء الإدماع ؛ مثال ذلك الأسباراجين الذى يمكن أن تستفيد منه عديد من الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق . كما وجدت مواد غذائية أخرى ؛ مثل : المالتوز ، والسترات (Wilson, 1960) ، والسكروز (Ruinen, 1961) .

وقدرت كمية الكربوهيدرات الكلية الموجودة على سطوح الأوراق فوجدت أنها تتراوح بين ١٠٠ و ٦٠٠ ميكروجرام (مقدرة كجلوكوز Glucose) ، وكانت كمية الأحماض الأمينية الكلية تتراوح بين ٠,٢ و ١,٠ ميكروجرام (مقدرة كليوسين Leucine)؛ وذلك لكل سنتيمتر مربع من سطح أوراق البنجر (Blakeman, 1972).

ومن ناحيةٍ أخرى ، لوحظ أن بعض الكائنات الحية الدقيقة النامية على سطوح الأوراق تقوم هى الأخرى بإفراز بعض المواد الغذائية التى تستفيد منها كائنات دقيقة أخرى تنمو حولها ؛ فعلى سبيل المثال لاحظ Blackeman & Fraser (1971) أن جراثيم الفطريات *Mycosphaerella ligulicola* و *Botrytis cinerea* يترشح منها بعض الأحماض الأمينية والمواد الكربوهيدراتية خلال إنباتها .

عاشرا ـ حبوب اللقاح كمصدر غذائى :

من المعروف أن الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق – مثال ذلك الأنواع التابعة للجنسين *Cladosporium* و *Aureobasidium* – يمكنها الاستفادة من المواد الغذائية المنسابة من حبوب اللقاح (Fokkema, 1971) .

وفى تجربة على نبات الشيلم ، أزيلت السنابل قبل أزهارها من بعض النباتات ، وتركت فى نباتات أخرى تبعد عن الأولى بمسافة كافية للمقارنة . وعند الإزهار ،

سقطت حبوب اللقاح على سطوح الأوراق ، وأخذت عدة عينـــات دوريـــة مـــن هـــذه الأوراق ، وغسلت فى ماء مقطر معقم ، وتم إنماء محتويات المعلق السابق على بيئـــة الأجار المغذى لفترة تحضين كافية .

ولقد أظهرت النتائج زيادة أعداد مستعمرات الفطر *Cladosporium* spp. الموجودة على سطوح أوراق الشيلم المعرضة لسقوط حبـوب اللقـــاح عليـــها إلـــى ١٣ ألـــف مستعمرة لكل سنتيمتر مربع ، بينما كانت أعداد هذه المستعمرات لا يزيد علـــى ٥٥٠ مستعمرة فقط لنفس المساحة ، على الأوراق غير المعاملـــة ، وذلك بعد أسبوعين مـــن بداية الإزهار .

وعند إعادة أخذ عينات ورقية من نباتات الشليم السابقة فى مرحلة الشيخوخة ، وجد أن اعداد مستعمرات الفطر السابق متقاربة فى كلتا المعاملتين ، حيث يرجـــع الســـبب فى ذلك إلى أن الأوراق المتقدمة فى العمر تفرز مزيداً من المواد المغذية، بينما يكـــون التأثيـــر المشجـــع لحبـــوب اللقاح على زيادة نمو العشائر الفطريـــة علـــى ســـطوح الأوراق قد انتهى .

وتشجع حبوب اللقاح نمو عديد مـــن الفطريـــات الأخـــرى ، مثـــال ذلـــك الفطـــر *Aureobasidium pullulans* ، والخميرة الحمراء *Sporobolomyces roseus* ، حيث أمكن حصر ٣٣,٦ ألف مستعمرة من الخمائر الحمراء على كل سنتيمتر مربـــع مـــن أوراق الشليم بعد أسبوعين من بداية الأزهار ، بينما كان عـــدد هـــذه المســـتعمرات لا يتجاوز ٣,٨ ألف مستعمرة لنفس المساحة من أوراق الشيلم غـــير المعاملـــة بحبـــوب اللقاح.

ويعتبر الفطر *Cochliobolus sativus* من الفطريات الأســكية الممرضـــة لنبـــات الشيلم ، حيث تنمو هيفاته على سطوح الأوراق نموًا سطحيًا قبـــل الاخـــتراق . وفـــى دراسة قام بها (Fokkema (1971 ، تم خلالها عدوى أوراق الشيلم بكونيديات الفطر السابق مع وبدون حبوب اللقاح ، أظهرت النتائج أن حبوب اللقاح عملت علـــى زيـــادة نمو الفطر الممرض ؛ وبالتالى زيادة العدوى . وعزى ذلك إلى أن توفير مواد غذائيـــة إضافية من حبوب اللقاح أدت إلى تشجيـــع نمو هيـــفات الفطـــــر الممـــرض علـــى سطوح الأوراق ، وبالتالى زيادة اللقـــاح الفطرى ، الذى سبب موتا مضاعفاً للأنســـجة النباتية .

حادى عشر ـ العوامل المؤثرة على بيئة سطوح الأوراق :

١ – التلوث :

إن التلوث الجوى بالدخان ، والغبار ، وغازى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت ، وقطيرات حمض الكبريتيك ، وسلفيد الهيدروجين ، وأيضا التلوث بالفلورين، والكلورين ، والبرومين ، واليود ، وبعض العناصر الثقيلة ، وبالمبيدات الحشرية ، ومبيدات الحشائش ، والمطهرات الفطرية ، والمخصبات الزراعية ، وكذلك بأكاسيد النتروجين ، وغيرها من مواد ومركبات لا حصر لها .. كلها تؤثر فى نمو الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق بدرجة كبيرة .

ولقد اختبرت بعض الملوثات السابقة فى المعمل على نمو بعض الأحياء الدقيقة ، فوجد أنها تقتل بكتيريا *Escheritia coli* ، و *Serratia* spp. ، و *Photobacterium phosphoreum* ، كما وجد أن التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكبريت يقتل فطرى *Hysterium pulicare* و *Diplocarpon rosae* (Saunders, 1966) .

ونظرا لهذا التأثير القاتل لثانى أكسيد الكبريت على الفطريات ، فلقد أوصى Couey & Uota (1961) باستعماله فى مكافحة فطر *Botrytis cinerea* ، وأيضا أوصى Couey (1965) به فى مكافحة فطر *Alternaria* spp. ، وخاصة عند ارتفاع الرطوبة النسبية حول النبات . كما وجد أن سمية ثانى أكسيد الكبريت تزداد عند انخفاض رقم الحموضة على سطح الأوراق .

ولقد اهتمت بعض الدراسات بتأثير التلوث بالمعادن الثقيلة على فطريات سطوح الأوراق ، فعلى سبيل المثال وجد Mowll & Gadd (1985) أن الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق أشجار الإسفندان Sycamore النامية فى المدن تتأثر بالتلوث بالمعادن الثقيلة ، بالمقارنة بالأشجار البعيدة عن مصادر هذا التلوث . ولقد وجد أن أوراق هذه الأشجار تحتوى على ١٠٠ ضعف من الرصاص بالمقارنة بأوراق الأشجار البعيدة عن مصادر التلوث .

وتحت ظروف التلوث السابق ، زادت أعداد عشائر *Aureobasidium pullulans* على سطوح الأوراق ، بينما انخفضت أعداد الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبكتيريا .

وفى دراسات أخرى ، تم دراسة تأثير الكادميوم والنحاس والزنك على نمو الخمائر والفطريات الشبيهة بها (Gadd, 1983) ، كما درس Bewley & Campbell (1980) تأثير التلوث بالزنك والرصاص والكادميوم على نمو عشائر الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق نبات الزعرور البرى hawthorn leaves .

كما درس Mowll & Gadd (1984) امتصاص الكادميوم بواسطة الفطر *Aureobasidium pullulans* ، بينما اهتم باحثون اخرون بدراسة تأثير النحاس على الفطر السابق (Gadd & Griffiths, 1980 ; Gadd, 1984) .

ومن ناحية أخرى وجد كثير من الباحثين أن المطهرات الفطرية المستخدمة فى مكافحة أمراض المجموع الخضرى لعديدٍ من النباتات الاقتصادية تؤثر تأثيراً ضاراً على عشائر فطريات سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال وجد المؤلف (Ahmed, 1983) – فى دراسته لفطريات سطوح أوراق الشعير بألمانيا -- أن المطهرات الفطرية **Ortho-difolatan** و **Cercobin super** ذات تأثير قوىّ على الفطريات الهيفية والخمائر من خلال تأثيرها العريض للمادة الفعالة **Captafol** .

وذكر Hislop & Cox (1969) أن هذه المادة الفعالة (Captafol) ذات تأثير مميتٍ لفطريات سطوح أوراق التفاح ؛ حيث أدت المعاملة بها إلى انخفاض شديد فى أعداد هذه الفطريات . كما وجد Dickinson (1973) تأثيراً مشابها للكابتافول على فطريات سطوح أوراق البطاطس .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد Kuthubutheen & Pygh (1978) أن أكثر الفطريات تأثراً بالكابتافول فطريات : *Aureobasidium pullulans* و *Cladosporium cladosporioides* وهى من أهم مكونات فطريات سطوح الأوراق ، بينما لم تتأثر عشائر الفطر *Alternaria chartarum* بالكابتافول .

كما تأثرت عشائر الخمائر – الموجودة طبيعيًا على سطوح أوراق الشعير – بالمطهرات الفطرية المحتوية على المادة الفعالة كابتافول Captafol ؛ حيث انخفضت أعداد هذه الخمائر بدرجةٍ معنويةٍ (Ahmed, 1983) . ولقد وجدت نتائج مشابهة على سطوح أوراق نباتات أخرى (Dickinson, 1973 , Hislop, 1971) .

ولقد زادت أعداد فطريات وخمائر سطوح أوراق الشعير بعد رشها بالمطهرات

الفطرية السابقة مع مرور الوقت ، حتى وصلت إلى أعدادها الطبيعية في مرحلة النضج اللبني للحبوب (Ahmed, 1983) . ويرجع ذلك إلى أن مادة الكابتافول تتأثر بالعوامل الخارجية ؛ مثل التحليل المائي والضوئي والتبخر ، كما أنها تفقد بالغسيل (Hislop, 1971) .

وقدر (1979) Mishra & Tewari مدى بقاء المطهرات الفطرية المحتوية على المادة الفعالة " كابتافول " على سطوح أوراق القمح والشعير بحوالي أربعة أسابيع ، بعدها تفقد فاعليتها ، وتنمو الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق مرة أخرى دون تثبيط.

وقد أظهرت مبيدات الحشائش نفس التأثير السابق على فطريات وخمائر سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال وجد المؤلف (Ahmed, 1983) أن مبيد الحشائش **Dichlorprop** يؤثر تأثيرا ضارًا على هذه الأحياء الدقيقة؛ وذلك عند رشه في مرحلة تكوين أشطاء الشعير، ووجد ذلك – أيضا – باحثون اخرون (Korpradiskul, 1981) .

ومن ناحية أخرى ، درس المؤلف (Ahmed, 1983) تأثير رش المخصب الورقي **Ensol** على عشائر فطريات خمائر سطوح أوراق الشعير؛ حيث أدى ذلك إلى توفير مواد غذائية إضافية على سطوح الأوراق ؛ فزادت نموات هذه الأحياء الدقيقة زيادةً معنوية؛ وهذا ما وجده أيضا (1971) Burchill & Cook، و (1971) Hudson ، و في تجارب أخرى مماثلةٍ .

وفي دراسةٍ أخرى للمؤلف مع اخرين (Raafat et al., 1988) ، تم رش أوراق القمح بأسمدةٍ ورقيةٍ (نترات أمونيوم • عناصر صغرى - سيكوسيل **CCC**) في تجربةٍ حقليةٍ بمزرعة شلقان بمحافظة القليوبية ؛ وذلك لمعرفة تأثيرها على عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق القمح .

وأظهرت النتائج زيادة أعداد الخمائر بالمقارنة بالفطريات الهيفية، وخاصة الخمائر البيضاء *Cryptococcus magnus* ، والخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* ، بينما كانت أكثر الفطريات الهيفية شيوعا هي الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* .

٣ – العوامل الجوية :

تعتبر سطوح الأوراق وسطا موحشا inhospitable niche وغير مناسب – من الناحية الطبيعية والكيمائية – لنمو الفطريات ، فعلى الرغم من ان تبخر الماء من على سطوح الأوراق يعمل على تخفيف حدة الجفاف النسبى ، إلا أن الفطريات القاطنة لهذا الوسط تتعرض كثيرا لانخفاض الرطوبة النسبية ، وخاصة عند تعرضها لأشعة الشمس الحارقة ، وللرياح الجافة ، ثم يعاد ترطيب سطح الأوراق بعد ذلك عن طريق قطرات الأمطار أو الندى .

وتتميز تراكيب الفطريات قاطنة سطوح الأوراق بأنها ليست جيدة العزل ضد تذبذب درجات الحرارة من حولها والتى تتغير بسرعة لعديد من المرات ، بين الارتفاع والانخفاض حتى فى البيئات المناخية المعتدلة .

وفى البيئات المناخية المعتدلة – ذات الهواء الساكن نسبيًا – فإن درجة حرارة سطوح الأوراق قد تكون مرتفعة عن درجة حرارة الهواء المحيط بها بحوالى ١٠ – ١٢°م خلال تعرضها لأشعة الشمس لمدة دقيقة واحدة ، فإذا ما مرت سحابة حجبت أشعة الشمس ، انخفضت درجة حرارة سطح الورقة درجتين أقل من درجة حرارة الهواء المحيط بها . كما تتعرض سطوح الأوراق للأشعة فوق البنفسجية الضارة والتى تعتبر أحد مكونات الإشعاع الشمسى .

ولقد وجد Sutton (1953) أن المناخ القريب من الأوراق microclimate يكوّن طبقة رقيقة من الهواء تؤثر على سطوح الأوراق وما عليها من أحياءٍ دقيقةٍ تنمو عليها ؛ وذلك من خلال الحرارة ، والرطوبة الجوية ، والإشعاع الشمسى ، وسرعة الرياح .

وتختلف سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتى تؤثر عليها تبعا لحجم الورقة ، وسمكها ، وشكلها ، وموضعها على النبات ، وأيضا على اختلاف الظروف الجوية حولها . وتتأثر حيوية الكائنات الحية الدقيقة القاطنة لبيئة سطوح الأوراق باختلاف درجات الحرارة والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسى، كما تلعب سرعة الرياح دورا كبيرا فى سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتى يطلق عليها اسم المناخ القريب .

وتتحدد كفاءة الفطريات الممرضة للنبات فى اختراق عائلها النباتى بمدى تأثرها بالعوامل الجوية فى المراحل المبكرة من العدوى ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد Burage (1969) أن بقاء الجراثيم اليوريدية للفطر *Puccinia graminis tritici* محتفظة بحيويتها يعتمد على توزيع الندى على سطوح أوراق القمح ، وعلى مدى احتفاظ الأوراق بكمية من الرطوبة تكفى إنبات الجراثيم وإحداث العدوى .

كما أن فطريات أسطح سيقان النباتات – التى تنمو عادة على السلاميات السفلى للنباتات نظراً لارتفاع الرطوبة – تستطيع النمو على السلاميات العليا إذا ارتفعت الرطوبة النسبية حول النباتات . ولقد وجد Webster & Dix (1960) أن الفطريات التى تنمو على سطوح الأجزاء العليا من سيقان النباتات تكون متحملة – عادةً – لانخفاض رطوبة الجو ، بينما تنمو الفطريات المحبة للرطوبة العالية على الأجزاء السفلى .

وقد لوحظ – بصفةٍ عامةٍ – خلال الدراسات التى تجرى فى غرف الرطوبة moist chambers زيادة أعداد الفطريات اللزجة myxomycetes على سطوح الأوراق التى وصلت إلى مرحلة الشيخوخة ، بينما يعمل الإمداد المائى المعتدل على زيادة نمو الفطريات الهيفية filamentous fungi (Ahmed, 1988 b) .

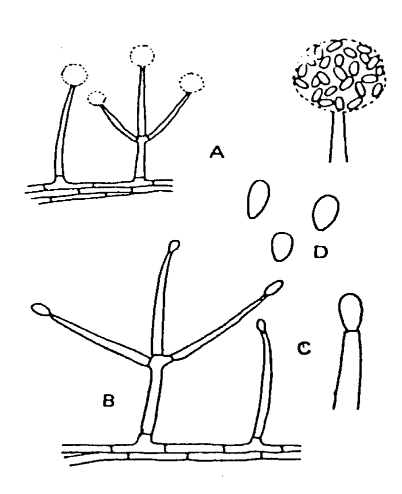
ولقد لاحظ Robinson (1967) أن جراثيم الفطر *Plasmopara viticola* تصيب أوراق العنب الناضجة عند رطوبةٍ نسبيةٍ حوالى ٨٠ ٪ ؛ فإذا انخفضت الرطوبة إلى أقل من ذلك (حوالى ٧٠ ٪) ، فإن هذه الجراثيم لا يمكنها إصابة الأوراق الناضجة ، ولكنها تصيب الأوراق الصغيرة فقط . ويوضح ذلك مدى أهمية الرطوبة النسبية فى نشاط الفطريات الممرضة للنبات خلال مرحلة نموها على سطح الأوراق .

وأيضاً وجد Manners (1971) أن إنتاج كونيديات فطر البياض الدقيقى *Erysiphe graminis* والجراثيم اليوريدية لفطر الصدأ الأصفر *Puccinia striiformis* على أوراق القمح يتأثر تأثراً شديداً بالعوامل البيئية المحيطة بالنبات ؛ مثل الحرارة ، والرطوبة النسبية وشدة الإضاءة .

ووجد Bruehl & Lai (1966) أن الفطر *Cephalosporium gramineum* (شكل ٥ – ٢٣) يستطيع الاحتفاظ بحيويته عندما ترتفع الرطوبة النسبية حول النبات

، فإذا انخفضت الرطوبة إلى أقل من ٩٠ ٪ فقد الفطرُ حيويته . ويستطيع هذا الفطر منافسة غيره من الفطريات الأخرى عند رطوبة نسبية ١٠٠ ٪ ، ولكن يعمل انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٩٠ ٪ على نمو فطريات أخرى – مثل *Penicillium* spp. – تنافسه ، وتؤثر على نموه .

وتؤدى ظروف الرطوبة العالية على السطح العلوى لأوراق القمح إلى زيادة نمو فطريات الخميرة ، وخاصة الخمائر الحمراء من الجنس *Sporobolomyces* ، كما ترتبط زيادة هذه الخمائر على السطح العلوى للأوراق بزيادة مستوى العناصر الغذائية (Webster & Dix, 1960) .



شكل (٥ – ٢٣) : الحوامل الكونيدية (B . A) وكونيديات (D) الفطر *Cephalosporium* .
لاحظ خروج الكونيدة من تركيب قارورى الشكل (C) .

وتحتاج الخمائر – بصفةٍ عامةٍ – إلى رطوبةٍ نسبيةٍ عاليةٍ لا تقل عن ٩٠٪ لعدة ساعات يوميًّا ؛ حتى يمكنها النمو والانقسام ، بينما تستطيع عديد من الفطريات الهيفية النمو والتجرثم تحت ظروف الرطوبة الجوية المنخفضة (Bashi & Fokkema, 1977) .

وتكوّن خلايا الخميرة مواد سكرية معقدة خارج الخلايا exocellular polysaccharides ، تعمل على لصق خلاياها ببشرة الأوراق ؛ وذلك تحت ظروف الرطوبة العالية ، وهذا يفسر غياب عشائر الخمائر تحت ظروف انخفاض الرطوبة .

ولقد درس Diem (1971) تأثير انخفاض الرطوبة النسبية على حيوية جراثيم فطريات سطوح الأوراق ؛ مثل : *Alternaria tenuis* ، و *Stemphylium botryosum* ، و *Helminthosporium* sp. ، و *Cladosporium herbarum* ، و *Aspergillus* spp. ، و *Colletotrichum graminicola* ، و *Cladosporium cladosporioides* و *Penicillium* spp. .

ووجد الباحث السابق أن الرطوبة المتوسطة (٦٧ ٪) ضارة بالفطرين *S. botryosum* و *A. tenuis* وبالأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* . وكذلك وجد أن تعرض جراثيم الفطريات *Colletotrichum graminicola* و *Helminthosporium sativum* لرطوبةٍ أقل من ٧٣ ٪ يفقدها حيويتها بعد حوالى أربع ساعات .

وتعتبر الجراثيم الشفافة أكثر حساسية لانخفاض الرطوبة النسبية من الجراثيم الداكنة اللون ؛ وبالتالى فهى تفقد حيويتها تحت ظروف الجفاف ، ويفسر ذلك ندرة وجود عشائر الفطريات المكونة لمثل هذه الجراثيم الشفافة على سطوح أوراق النباتات النامية فى المناطق ذات الرطوبة النسبية المنخفضة .

ويعتبر تباين درجات الحرارة على سطوح أوراق النباتات من العوامل الهامة المؤثرة على نمو عشائر الأحياء الدقيقة ؛ حيث تعتبر درجة حرارة ٦٠°م هى الحد الأعلى لنمو فطريات سطوح الأوراق (Chang & Hudson, 1967) . ولقد تم عزل فطريات محبة لدرجة الحرارة العالية من قش النجيليات المستعمل فى تجهيز الكومبوست المستخدم لزراعة فطر عيش الغراب العادى ؛ وذلك عندما ترتفع حرارة هذا القش خلال عملية التخمير ، بينما تختفى الفطريات الأخرى التى لا يمكنها تحمل هذه الحرارة العالية .

ولقد وجد Sharma & Mukerji (1972) عشائر فطرية كثيفة على سطوح أوراق القطن خلال شهر أكتوبر ؛ حيث كانت درجة الحرارة معتدلة ، أما عند انخفاض

درجات الحرارة فى شهري ديسمبر ويناير فقد قلت أعداد هذه العشائر الفطرية بدرجة كبيرةٍ . كما أظهرت بعض الفطريات ارتباطاً معنويًا مع درجات الحرارة السائدة حولها؛ فعلى سبيل المثال لم يشاهد الفطران *Candida* و *Phoma* فى فترات ارتفاع الحرارة فى شهر يونيو ، بينما ازداد وجودهما عند انخفاض الحرارة فى شهرى ديسمبر ويناير .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد أن الفطر *Aspergillus niger* حساس للحرارة المنخفضة، وخاصة خلال شهور الشتاء ، كما أن تغير درجات الحرارة يؤثر على معدل نمو ونشاط بعض الفطريات الأخرى ؛ مثل *Pythium* spp. و *Rhizopus stolonifer* (Pierson, 1966) .

وفى بحث قام به المؤلف (Ahmed, 1983) على نباتات الشعير المزروعة فى حقول بمنطقة Weende بمدينة جوتنجن بألمانيا – تعرضت خلالها النباتات لدرجات حرارة تتراوح بين –٥°م و ١٧,٤°م ، ولرطوبةٍ جويةٍ تتراوح بين ٥٤ ٪ و ٩٥ ٪ – أظهرت النتائج عدم تأثر عشائر الفطريات الهيفية والخمائر الموجودة على سطوح الأوراق بانخفاض درجة الحرارة .

ويمكن لفطريات سطوح الأوراق الاستمرار فى النمو حتى ٦ درجات مئوية تحت الصفر (Brooks & Hansford, 1923) ؛ فعلى سبيل المثال وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* ينمو حتى حرارة ١°م (Cooke, 1960) ، كما وجد أن الفطرين *Alternaria tenuis* و *Botrytis cinerea* ينموان حتى درجتين تحت الصفر (Togashi, 1949) .

وبصفةٍ عامةٍ ، لا يمكن – على وجه الدقة – تحديد تتابع ظهور الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ، وعلى الرغم من ذلك فلقد ذكر (Ruinen (1961 أن نمو مستعمرات الخميرة قد يعتمد على النشاط المبدئى لمستعمرات البكتيريا التى تنمو مبكرةً على سطوح الأوراق ، وقد يرجع ذلك إلى توفر بعض العناصر الغذائية على سطوح الأوراق يتم تحررها من الأوراق نتيجة نشاط هذه البكتيريا .

ومن ناحيةٍ أخرى ، فإن تشجيع نمو عشائر الخمائر بواسطة النشاط المبكر للبكتيريا على سطوح الأوراق قد يعكس التغيرات الناتجة فى انسياب العناصر الغذائية من الورقة التى ترجع إلى تقدم العائل النباتى فى العمر (Tukey, 1971) . وفى هذا

المجال ، وجد Last (1955 a) زيادة أعداد الخمائر الحمراء للجنس *Sporobolomyces* مع زيادة عمر الورقة .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) لفطريات سطوح أوراق الشعير – تعرضت خلالها النباتات إلى أمطار وصلت إلى ٤٠ ملليلتر يوميا – وجد أن أعداد الفطريات الهيفية والخمائر لم تتأثر معنويا . ولقد وجد ذلك أيضا (Warren (1972 ؛ حيث لم تتغير أعداد الخمائر البيضاء والحمراء وكذلك أعداد الفطريات الهيفية؛ مثل : *Cladosporium* spp. و *Aureobasidium* spp. على سطوح أوراق البنجر .

وربما يرجع ذلك إلى التصاق هذه الأحياء الدقيقة جيدا على سطوح أوراق النبات ، وكذلك نموها أحيانا داخل غرفة الثغر (O Donnell & Dickinson, 1980). ويصاحب سقوط الأمطار ارتفاع الرطوبة النسبية ؛ حيث يؤدى ذلك إلى زيادة تجرثم الفطريات وانقسام خلايا الخميرة (Dickinson & O'Donnell, 1977) .

وأيضا لم يجد (Fokkema et al (1979 أى تأثير للأمطار على أعداد الخمائر النامية على سطوح أوراق الشوفان ؛ وفسر ذلك (Phaff (1971 بأن هذه الخمائر تفرز مواد سكرية معقدة خارج الخلية exocellular polysaccharides تعمل على التصاق خلايا الخميرة على سطوح الأوراق ؛ مما يؤدى إلى عدم غسل هذه الخلايا خلال الأمطار .

٣ – عمر العائل النباتى :

تنمو العشائر الفطرية – التى تظهر مبكرة على سطوح الأوراق – دون أن يعوقها منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى . ولكن بعد أن تنمو عشائر الأحياء الدقيقة المختلفة ، فإنها تبدأ فى التنافس فيما بينها .

ولقد وجد (Dickinson (1965 , 1967 أن الأوراق الصغيرة العمر ينمو على سطحها عدد محدود من المستعمرات الفطرية بالمقارنة بالأوراق الناضجة أو التى تصل إلى مرحلة الشيخوخة . كما أوضحت الدراسات التى قام بها (Sharma & Mukerji (1972 أن الأوراق الخضراء للقطن تنمو عليها عشائر لأنواع قليلة من الفطريات بالمقارنة بالأوراق الجافة التى تتساقط على الأرض وتتحلل .

وفى دراسة ميكروسكوبية مباشرة لسطوح أوراق الذرة وجد المؤلف (Ahmed, 1988 a) أن الأوراق الحديثة التكوين فى بادرات الذرة تنمو على سطحها أعداد قليلة من فطريات وخمائر سطوح الأوراق ؛ حيث يرجع ذلك إلى انخفاض مستوى اللقاح الأولى المتساقط من الهواء ، وانخفاض الرطوبة النسبية حول البادرات ، بالإضافة إلى انخفاض معدل إفرازات الأوراق ، مما يؤدى إلى قلة الغذاء المتاح على سطوح الأوراق . وكانت العشائر الفطرية المبكرة تنتمى للفطريات *Cladosporium cladosporioides* ، و *Aureobasidium pullulans*، و *C. herbarum* ، و *Fusarium* sp. ، و *Alternaria alternata* .

كما وجد الباحثان Kamal & Singh (1970) أن بعض الفطريات التابعة لرتبة Sphaeropsidales ، وبعض الأجناس الأخرى مثل *Fusarium* و *Alternaria* و *Curvularia* – والتى توجد جراثيمها عادةً على سطوح الأوراق المتحللة – يزداد نشاطها عند تساقط هذه الأوراق على سطح التربة وتحللها .

ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد Pugh & Buckley (1971) أن نسبة جراثيم الفطر *Cladosporium herbarum* و *Epicoccum nigrum* تنبت على الأوراق الخضراء ، إلا أن معدل نموها وتجرثمها يكون منخفضاً بالمقارنة بالنمو والتجرثم على الأوراق فى مرحلة الشيخوخة ، وهذا يؤكد أن هذه الفطريات من الأنواع التى ينشط نموها مع تقدم الأوراق فى العمر .

ولقد أشار Ruinen (1970) إلى زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق عند تقدم النبات فى العمر . وأيضاً وجد Dickinson & Moran-Jones (1966) زيادة الأطوار الكونيدية للفطر *Ascochytula obiones* على سطوح الأوراق الخضراء ؛ حيث ظهر أقصى نموٍ له فى شهرى مايو وسبتمبر ، بينما اختفت نموات هذا الفطر خلال شهرى يناير ومارس ، وحل محله الفطر *Fusarium* spp. ؛ ويدل ذلك على قدرة العائل النباتى على التحكم فى طبيعة ونوع العشائر الفطرية النامية على سطحه .

وفى بعض الأحيان يتداخل تأثير عمر العائل النباتى مع الظروف الجوية المحيطة بالنبات . فعلى سبيل المثال وجد Pugh & Buckley (1971) أن تأثير تقدم النبات فى العمر يتداخل مع تغير فصول السنة عند دراسة توزيع عشائر الخميرة *Sporobolomyces* على سطوح أوراق القمح المنزرع فى فصل الشتاء ؛ حيث كان

عدد هذه الخمائر منخفض خلال الشتاء، ثم زاد بعد ذلك فى فصلى الربيع والصيف ، مع تقدم النبات فى العمر وارتفاع درجة الحرارة .

كما قدر (1959) Menna أعداد عشائر الخمائر *Rhodotorula* و *Sporobolomyces* على سطح أوراق الحشائش العشبية فى نيوزيلاندا ؛ حيث وجد نفس التوزيع السابق . ووجد (1967) Dickinson أن الفطر *Ascochytula pinodes* من الفطريات المتخصصة فى الانتشار على سطوح الأوراق المتقدمة فى العمر لنبات الفاصوليا ، وعلى العكس من ذلك ، وجد (1958) Hudson & Webster أن الفطر *Pullularia pullulans* من الفطريات التى تنمو مبكرا على أوراق نبات *Agropyron repens* .

وفى دراسةٍ للمؤلف (Ahmed, 1983) على نمو مستعمرات الأحياء الدقيقة على أوراق الشعير ، وجد أن عشائر الفطريات الهيفية كانت أكثر فى عددها من عشائر الخمائر على سطوح أوراق بادرات الشعير (مرحلة الأوراق الثلاثة) ؛ حيث كان العدد الكلى للفطريات الهيفية ٢١,٨ عشيرة ، يقابلها ثلاث عشائر خمائر فقط لكل سنتيمتر مربع .

ومع تقدم النبات فى العمر ، زادت أعداد الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق الشعير ، وكان أهمها الفطريات *Cladosporium cladosporioides* و *Aureobasidium pullulans* و *Alternaria alternata* ، بالإضافة إلى عشائر الخمائر البيضاء *Cryptococcus* spp. و *Candida hordei* ، والخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبرتقالية *Bullera aurantiaca* .

وفى دراسةٍ أخرى للمؤلف واخر (Ahmed & Saleh, 1987) تم متابعة أعداد وأنواع عشائر الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق الطماطم خلال مراحل النمو المختلفة: البادرات والإزهار والإثمار والشيخوخة . ولقد أوضحت النتائج زيادة العدد الكلى للفطريات والبكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا والاكتينوميسيتات بتقدم النبات فى العمر .

ولقد وصل عدد هذه الأحياء الدقيقة إلى أقصى حد لها فى مرحلة الإزهار والإثمار ، فعلى سبيل المثال عزى (Warren, 1973) هذه المشاهدة إلى تساقط حبوب اللقاح على سطح الأوراق (Fokkema, 1968) وإلى زيادة إفرازات

الأوراق بتقدمها فى العمر (Bessems, 1974 ; Tyagi & Chauhan, 1984) . كما وجد (Sharma & Mukerji (1973 زيادة إفراز أوراق الكريزانثمم للمواد الكربوهيدراتية عندما تبدأ البراعم الزهرية فى التكوين ، وتصل إلى أقصى حد لها خلال مرحلة الإزهار .

ولقد تتبع المؤلف فى دراسة أخرى له (Ahmed, 1988 b) فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية من خلال عشر عينات متتابعة تمثل مراحل نمو النبات المختلفة (بادرات – استطالة الساق – الإزهار – الإثمار – الشيخوخة) .

وأظهرت النتائج أن العدد الكلى للفطريات الهيفية فى أول عينة ورقية للبادرة عمر ثلاثة أسابيع كان ٩١١,٨ مستعمرة لكل سنتيمتر مربع من مسطح الأوراق، زاد فى العينة الثانية – بعد ذلك بأسبوع – إلى ١٣١٩,٨ مستعمرة / سم^{٢} . وفى العينات الثلاث التالية – مرحلة استطالة الساق – استمرت زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق إلى ١٨٢١,١ ، و ٢٢٩٧,٢ ، و ٣٠٦٧,٨ مستعمرة / سم^{٢} على الترتيب .

وفى مرحلة الإزهار ، انتثرت حبوب اللقاح على سطوح الأوراق ؛ مما أدى إلى زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق إلى ٧٨٨٧,٤ و ٧٩٥٩,٣ مستعمرة / سم^{٢} ، بينما وصل هذا العدد إلى أقصاه عند مرحلة الإثمار ٧٥٨٧,٠ و ٢٢٢٢٦,٢ مستعمرة / سم^{٢} وكذلك عند مرحلة الشيخوخة إلى ٣٧٣٢٤,٨ مستعمرة / سم^{٢} .

وقد ترجع زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق – بعد مرحلة الإزهار – إلى دور حبوب اللقاح فى توفير مادة غذائية إضافية لهذه الفطريات (Fokkema, 1968) ، وإلى زيادة إفرازات الأوراق مع تقدمها فى العمر (Tyagi & Chauhan, 1984) .

وعند حصر أجناس وأنواع الفطريات الموجودة على سطوح أوراق الذرة الشامية – خلال هذه الدراسة (Ahmed, 1988b) – وجد أن أكثر الفطريات شيوعا هى الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* ؛ حيث كانت تمثل حوالى ٤٧,٦٪ من إجمالى الفطريات الهيفية ، تليها الأنواع التابعة للجنس *Fusarium* ؛ حيث كانت نسبتها حوالى ٢٩,٢ ٪ .

ولقد فسر (Last (1955 زيادة أعداد هذه العشائر الفطرية والخمائر على سطوح الأوراق مع تقدم النبات فى العمر بزيادة المواد الغذائية المفرزة على سطح البشرة .

وترجع هذه الزيادة فى الإفرازات الخارجية إلى كثافة عمليات البناء الضوئى ودورات التمثيل الغذائى خلال مرحلة النمو الخضرى .

كما وجد Tukey (1971) أن هذه الكفاءة العالية فى إفراز المواد الغذائيـــة علـــى سطح بشرة النبات تستمر حتى يصل النبات إلى مرحلة الشيخوخة .

وتنمو معظم العشائر الفطرية على سطوح الأوراق بالقرب من العـــروق الرئيســية والفرعية ؛ حيث يرجع ذلك إلى مايلى (عن Pugh & Buckley, 1971) :

١ - وجود قنوات دقيقة فوق عروق الورقة ، تسمح لقطيرات الماء التى يتعلق بـــها الوحدات الفطرية بالتدفق خلالها .

٢ - زيادة معدل إفرازات الأوراق ذات المحتوى العالى مـــن المـــواد الغذائيـــة ، وخاصة من منطقة العروق .

٣ - تمدد خلايا البشرة فوق منطقة العروق ؛ مما يجعلها ذات جدر رقيقـــة تســـمح بزيادة إفرازات الأوراق .

٤ - تؤدى تغذية حشرات المن على عروق النبات إلى وجود ثقـــوب ناتجـــة عـــن اختراق أجزاء فمها الماصة داخـــل أنسجة العـــروق . وتعتبر هـــذه الثقـــوب أحد مصادر خروج عصارة النبات التى تنمـــو عليـــها فطـــريات ســـطوح الأوراق. كما تنمو هذه الفطريات بكثرة على الإفراز العسلى الـــــذى تفـــرزه حشرات المن .

كما درس Tubaki & Yokoyama (1971) العشـــائر الفطريـــة الناميـــة علـــى ســـطوح الأوراق السابـــق تعقيمها ، ثم وضعها فى ظـــروف طبيعية ؛ حيث قســـمها إلى :

١ - الفطريات التى تجد طريقها إلى سطوح الأوراق عن طريق ترسيب وحداتـــها الفطرية على السطح ، ثم تنبت وتنمو مكونة عشائر فطرية ، مثل الفطريـــات التابعة لرتبة الميوكورات Mucorales .

٢ - الفطـــريات التى تنمو وتتجـــرثم على ســـطوح أوراق النباتات فـــى مرحلـــة تحـــللها ؛ ومن أمثلة ذلك : فطـــريات *Clacarisporium*، و *Penicillium* ، و *Trichoderma* .

٣ – الفطـــريات التى توجد على ســـطوح أوراق النباتات خلال المراحل الأولــــى من تحللها ثم تختفى بعد ذلك ؛ مثل الأنواع التابعة للأجناس : *Ceratocystis*، و *Sympodiella* ، و *Subulispora* .

٤ – فطريات نادرة الوجود خلال المراحل الأولى من التحلل ، ولكنها تنشط وتوجد بوفرة خلال النصف الأخير من التحلل ؛ مثل الأجنـــاس : *Cladosporium* ، و *Toxotrichum* ، و *Dactylaria* ، و *Crinula* ، و *Condinaea* ، و *Chalara* ، و *Thysanophora* ، و *Oidiodendron* ، و *Verticillium* .

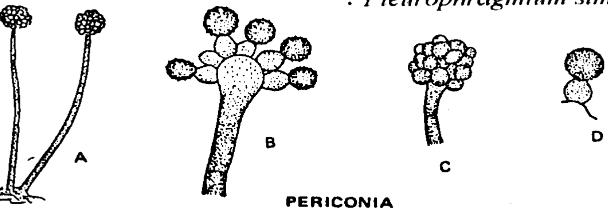
وينتشر الفطران *Pestalotia* و *Subulispora* على ســـطوح الأوراق الخضـــراء المعقمة خلال المراحل المبكرة جدا من تحللها ، بينما يوجد الفطـــر *Calcarisporium* على الأوراق المتحللة حديثا ، والفطر *Oidiodendrom* على الأوراق الميتة .

ولقد قسم Yadav & Madelin (1968) الفطريات المتجرثمة والنامية على السيقان المتعفنة لنبات *Urtica dioica* إلى ثلاثة أقسام :

١ – الفطريـــات ذات التوزيـــع الغـــير متجـــانس : مثـــال ذلـــك فطريـــــات : *Sphaerosporium* ، و *Cladosporium* ، و *Periconia cookei* ، و *Dendryphium comosum* .

٢ – الفطريات المنتشرة على الأجزاء العليا من النبـــات : مثـــال ذلـــك فطريـــات *Cladosporium herbarum* ، و *Alternaria tenuis* .

٣ – الفطريات المنتشرة على الأجزاء السفلى من النبات : مثـــال ذلـــك فطريـــات *Leptosphaeria acuta* ، *L. doliolum* ، و *Torula herbarum* ، و *Pleurophragmium simplex* .



شكل (٥ – ٢٤) : الحـــوامـــل الكونيـــديـــة (A) وقـــمة الحـــامل الكونيدى تحمل كونيديات (C . B) وكونيدة (D) للفطر *Periconia* .

ثانى عشر - توزيع الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق :

تتعرض أوراق النباتات الحولية وكذلك أورق الأشجار المعمرة دائمة الخضـــرة او المتساقطة الأوراق للشيخوخة ، سواء طبيعيًا أم نتيجة لإصابتها بواحد أو أكـــثر مـــن الفطريات الممرضة . وعلى الرغم مـــن الأعداد اللانهائية مـــن جراثيـــم الفطريـــات المختلفة التى تترسب على سطوح أوراق النبات ، فإن قليلا من هذه الفطريات ينجح فى النمو على سطوح الأوراق فى مرحلة الشيخوخة كمترممات ، ثم داخل الأنسجة النباتية بعد تساقط هذه الأوراق وتحللها .

وتعتبر مثل هذه الفطريات من المترممات الشائعة الانتشار علـــى ســـطوح الأوراق common primary saprotrophs لعديد من الأشجار متساقطة الأوراق ، والشجيرات والأعشاب والنباتات النجيلية مثل محاصيل الحبوب ، وأيضـــا علـــى ســـطوح أوراق السراخس . ويكاد لا يخلو سطح ورقة من وجود هذه الفطريات المترممة الشائعة .

وتعتبر الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر مادة متخصصة تنمو عليها أنواع محـــددة من فطريات سطوح الأوراق ، مثـــال ذلـــك الفطـــر *Aureobasidium pullulans* . وتتوقف أنـــواع الفطـــريات القاطنة لسطوح هذه الأوراق على الظـــروف المناخيـــة السائدة .

فعلى سبيل المثال ، يقل انتشار الفطر *Alternaria alternata* على ســـطوح أوراق الموز فى الظروف المناخية الاستوائية ، ويحل محله أنواع من الفطـــر *Nigrospora* خاصة الفطر *N. sphaerica* ، بالإضافة إلى أنواع من الجنس *Curvularia* خاصـــة الفطـــر *C. lunata* . وينعكس ذلك - بطبيـــعة الحال - على جراثيم الـــهواء الجـــاف dry air spora فى كل من المناطق المناخية الاستوائية والمعتدلة .

وكذلك لوحظ اسوداد سنابل النباتات النجيلية خاصة خلال الفصول الرطبة ، حيـــث وجد أن هذه الظاهرة تنتج عن نمو أنواع من الفطريات الداكنة اللـــون مـــن الأجنـــاس *Alternaria* و *Cladosporium* و *Epicoccum* .

وفى دراسة للباحثين Christensen & Kaufmann (1965) عن تدهور الحبـــوب المخزونـــة بواســـطة الفطريـــات ، وجـــد أن هذا التدهور يتســـبب عـــن الفطريـــات السابقة بالإضـــافـــــة إلـــى فطـــريات أخــــــرى من الأجـــناس *Chaetomium*

و *Fusarium* و *Rhizopus* . ويطلق – عادة – على مثل هذه الفطريات أسم فطريات الحقل field fungi ؛ وذلك لأن هذه الفطريات تقطن سطوح أوراق النباتات النجيلية خلال وجودها فى الحقل.

ولقد وُجد تخصص لأنواع الفطريات القاطنة لسطوح أوراق النباتات المختلفة ، فمثلاً ينحصر الفطر *Leptosphaeria microscopica* على سطوح أوراق النجيليات ، بينما يرتبط وجود الفطريات *Fusicoccum bacillare* و *Sclerophoma pithiophila* بالأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر .

وقد تبقى هذه الفطريات المترممة الأولية الشائعة على سطوح الأوراق لفترة طويلة قبل تساقطها . فعلى سبيل المثال تنمو مستعمرات الفطر *Cladosporium herbarum* – عادة – على الأجزاء الميتة من أوراق أشجار الزان مكونة كونيديات وفيرة ؛ وذلك خلال شهر يونيو . ويبقى هذا الفطر على سطوح الأوراق لفترة تتوقف على عوامل عديدة ، مثل نوع نسيج الورقة ومحتوياتها الغذائية .

وبصفة عامة ، فإن أوراق الأشجار السريعة التحلل مثل أوراق أشجار الاسفندان sycamore والدردار ash تهيئ الفرصة لنمو الفطريات المترممة الأولية الشائعة عليها مبكراً ، بالمقارنة بأوراق الأشجار البطيئة التحلل ؛ مثل أوراق أشجار الزان beech والبلوط oak. وعلى ذلك يبقى الفطر *C. herbarum* على سطوح أوراق أشجار الزان بأعداد وفيرة خلال فصل الشتاء بعد تساقط الأوراق، وتستمر هذا الوفرة فى عشيرة الفطر حتى الصيف التالى ، ثم تختفى عشيرة هذا الفطر مع بداية فصل الخريف .

ويمكن ملاحظة تتابع الفطريات المترممة طبيعياً على سطوح النباتات المختلفة ، فعلى سبيل المثال توجد هذه الفطريات المترممة الأولية primary saprotrophs كأول مجموعة من الأحياء الدقيقة التى تظهر مبكراً على الفروع الزهرية لنبات cocksfoot، حيث توجد هذه الفطريات على الأوراق القاعدية فى بداية فصل الصيف ، ثم تنتشر بعد ذلك لأعلى على السيقان مع تقدم النبات فى العمر .

ثالث عشر - تداخل نمو عشائر الفطريات على سطوح الأوراق:

يتوازن نمو عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ، ويتميز هذا التوازن بأنه دائم التغير ؛ حيث يتم هذا التوازن بين أفراد هذه الأحياء الدقيقة النامية

متداخلة فيما بينها على سطوح أوراق النبات . وعلى الرغم من أن معظم هذه الاحياء الدقيقة مترممات saprophytes ، إلا أن بعضها ممرض للنبات .

ومن الأمور الهامة التى تحدث على سطوح الأوراق كموطن للفطريات ، أن الفطريات الممرضة للنبات يلزم عليها أن تمر بفترة حرجة من النمو السطحى epiphytic phase لفترة من الوقت حتى يمكنها استكمال نشاطها الحيوى والنجاح فى اختراق العائل النباتى .

وخلال هذه الفترة ، يتعرض الفطر الممرض لعوامل مختلفة ، ليست فقط عوامل البيئة السيئة التى قد يتعرض لها على سطح الورقة ، ولكن أيضا التضاد الحيوى والمنافسة على الغذاء من الأحياء الدقيقة الأخرى القاطنة لسطوح الأوراق ، بالإضافة إلى المقاومة الفعالة التى قد يبديها العائل النباتى نفسه تجاه الطفيل .

وهناك تنوع لا حدود له من التداخلات الناتجة عن نشاط تلك الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ، يعمل بعضها على تضاد ومنافسة الممرضات ، والتى تؤدى فى النهاية إلى كبح جماحها . ويمكن – من الناحية العملية – تشجيع نمو هذه الأحياء الدقيقة القاطنة لسطوح الأوراق بحيث تقوم بمكافحة هذه الممرضات حيويا .

وتؤثر الأحياء الدقيقة المترممة – خلال نموها – على القدرة المرضية للممرضات النباتية؛ وذلك من خلال تثبيط العدوى وتقليل معدل تكشف المرض . فعلى سبيل المثال، وجد المؤلف وآخرون (Raafat el al, (1988 أن زيادة أعداد عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق القمح يؤدى إلى تقليل شدة إصابة الأوراق بالفطر *Puccinia recondita* المسبب لمرض صدأ الأوراق .

ولقد أثبت كثير من الباحثين أن بعض الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ذات تأثير تضادى لعديد من الفطريات الممرضة للنبات (Fokkema, 1976 & 1978 ; Skidmore, 1976 ; Fokkema et al., 1979) ؛ حيث يرجع ذلك التأثير إلى تنافس الأحياء الدقيقة على العناصر الغذائية ، كما أن بعضها يفرز مواد مثبطة للنمو (Hudson, 1968) .

وتشترك عديد من الكائنات الحية الدقيقة فى التأثير المضاد للفطريات الممرضة ، مثال ذلك الأكتينوميسيتات Actinomycetes (Sykes & Skinner, 1973) وبعض

البكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليًا ؛ مثل : *Azotobacter* ، و *Azospirillum* . (Yoshida, 1976) .

وفى دراسةٍ للمؤلف مع اخر (Ahmed & Saleh, 1987) تمت دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق الطماطم وقدرتها على تضاد الفطر *Alternaria solani* المسبب لمرض الندوة المبكرة . ولقد أظهرت النتائج أن أكثر فطريات سطوح الأوراق قدرة على تضاد الفطر الممرض هو الفطر *Fusarium solani* ، يليه الفطر *Aspergillus ochraceous* ، و *Alternaria alternata* .

كما أظهرت نتائج البحث السابق أيضاً أن جميع عزلات بكتيريا *Streptomyces* (٥ عزلات) وبكتيريا *Azotobacter chroococcum* قد ثبطت نمو الفطر الممرض *A. solani* ، بينما لم تظهر عزلات البكتيريا *Bacillus* sp. و *Micrococcus luteus* و *M. roseus* وجميع عزلات البكتيريا العصوية القصيرة الهوائية السالبة لجرام (ثلاث عزلات) أية قدرةٍ تضاديةٍ للفطر الممرض .

وتتوازن عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح الأوراق ؛ حيث وجد Last (1955) أن عشائر الخمائر من الجنس *Sporobolomyces* تنمو على سطح الأوراق الحديثة من نباتات القمح ، ولكن مع تقدم عمر الورقة ينحصر وجود هذه الخمائر على الحواف ، بينما يُغطَّى باقى نصل الورقة بنموات الفطر *Tilletiopsis* .

كما وجد Pugh & Buckley (1971) سلوكاً مماثلا للفطر *Aureobasidium pullulans* ؛ حيث تنتشر عشائره الفطرية على سطوح الأوراق مبكرا ، حتى تظهر عشائر الفطرين : *Cladosporium* spp.، و *Epicoccum* sp. ويتزايد عددها ، وعندئذ تتقلص أعداد عشائر الفطر *A. pullulans* ويقل نشاطه ، كما تتغلظ خلاياه وتصبح داكنة اللون .

وفى دراسةٍ للمؤلف (Ahmed, 1988 b) على عشائر فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية ، وجد أن عشائر الفطر *Aureobasidium pullulans* ظهرت بنسبةٍ كبيرة خلال العينات الخمس الأولى (فى مرحلة البادرات واستطالة الساق) فى الوقت الذى كانت فيه أعداد عشيرة الفطر *Cladosporium* قليلة للغاية .

ومع تقدم الأوراق فى العمر (فى مرحلة الإزهار والإثمار ثم الشيخوخة) زادت عشائر الفطر *Cladosporium* spp. على حساب الفطر *A. pullulans* التى اختفت تماما بعد ذلك .

ولقد وجد (1971) Pugh & Buckley – أيضا – أن أعداد الفطر *A. pullulans* تنمو بنشاط على سطوح أوراق الاسفندان sycamore فى الوقت الـــذى يكـــون نشـــاط الفطريات *Cladosporium* spp. و *Epicoccum* spp. محدودا .

كما لاحظ (1968) Hudson تضاعف أعداد مستعمرات الخمائر مـــــن الجنـــس *Sporobolomyces* إلى ٤ – ٥ أضعاف أعدادها على ســـطح أوراق نبـــات النعنـــاع المصاب بمرض الصدأ (*Puccinia menthae*) بالمقارنة بالأوراق السليمة . ويـــــدل ذلك على التأثير الضار للفطر الممرض ؛ حـــيث يسبب زيادة نفاذية خلايـــا البشـــرة ؛ مما يسبب تدفق مزيد من المواد الغذائية على السطح الخارجى لبشرة الأوراق .

وفى دراسةٍ قام (1971) Fokkema على أوراق نبات الشيلم خلال مرحلة الإزهار وجد أن حبوب اللقاح تعمل على زيادة نمو الفطريات الممرضة والمترممات الشائعـــــة على سطوح الأوراق ، حيث تتنافس هذه الفطريات على حبوب اللقاح كمصدر غذائى . وفى مثل هذه الحالة يمكن الوصول إلى درجة من المكافحة الحيويـــــة ، إذا اســـتطاعت المترممات الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق تحييد التأثير المشجع لحبوب اللقـــاح للفطر الممرض .

ولقد لوحظ أن التأثير التثبيطى النســـبى علـــى نمـــو ميســـليوم الفطـــر الممـــرض *Cochliobolus sativus* على سطوح أوراق الشيلم وصل إلى ٧٢ ٪ ، مما أدى إلـــى انخفاض موت الأنسجة بنسبة ٧٥ ٪ وذلك عند نمو فطر *Aureobasidium* كمنـــافس على المواد الغذائية المنسابة من حبوب اللقاح على نفس الأوراق السابقة .

ولقد ذكر (1960) Webster & Dix أن التنافس بين فطريات ســـطوح النبـــات – بعضها وبعض – على المناطق السفلى من السيقان تحت ظروف الرطوبة العالية هـــو السبب الرئيسى فى عدم قدرة الفطريات على التجرثم ، بينما تنجح الفطريات القـــادرة على التجرثم تحت هذه الظروف فى الانتشار ، وتسود عشائرها علـــى غيرهـــا مـــن الفطريات الأخرى .

رابع عشر - تأثير فطريات سطوح الأوراق على إسراع شيخوخة الأوراق :

ناقش كثير من الباحثين النمو الكثيف لعشائر الفطريات على سطوح عديدٍ من نباتات الحقل وتأثيرها على إسراع شيخوخة الأوراق (Last, 1955 a,b, Dickinson, 1967

; Skidmore & Dickinson, 1973 ; Zwatz, 1976, 1976 ; Mc Bride & Hayes, . (1977 ; Mappes & Hampel, 1977 ; Dickinson & Bottomley, 1980

ولقد لوحظ أن زيادة عشائر هذه الفطريات على سطح الأوراق يؤدى إلــى انــهيار محتواها من الكلوروفيل ؛ فيقل معدل التمثيل الضوئى ، وينخفض المحصــول . وقــد شوهدت أعراض تبقع الأوراق واصفرارها فى مثــل هــذه الأوراق ؛ حيــث أطلــق Dickinson (1981) على هذه الفطريات اسم المتطفــلات الاختياريــة facultative . parasites

وفى دراسةٍ للمؤلف (Ahmed, 1983) على دور فطريات سطوح أوراق الشعــير على الإسراع من شيخوخة الأوراق تحت ظروف الصوبة ، تم اختبار ثلاثة فطريات ؛ هــى : *Cladosporium cladosporioides* ، و *C. herbarum* ، و *Alternaria alternata* تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (٨٠ ٪) وحرارة ١٨°م .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ظهور أعراض على المجموع الخضــرى لنباتــات الشعير المعاملة بهذه الفطريات ؛ حيث اصفرت الأوراق نتيجة تدهور الكلوروفيل ، كما ظهرت بقع بنية على أنصال الأوراق ، وتشوهت ســفا السنابل ، واصفرّت الســيقان، وماتت النباتات ، وخاصة تلك المعاملة بالفطر *A. alternata* .

ولقد ذكر عــديدٍ من الباحثين القــدرة المرضيــة للفطــر *A. alternata* ؛ وذلــك للنبــاتات المنزرعة تحت ظــروف الصوبــة (Huguelet & Kiesling, 1973) ، وأيضاً كمسبب مـــــرضى لأوراق الشعيــــر (Dhanraj, 1970) ، ولعديــدٍ مـــن العــوائــل النبــاتيــة الأخــرى ؛ كالــدخــان (Stavely et al., 1971) ، والقمح (Siddaramaiah et al., 1979) ، بالإضــافة إلــى البطــاطــس ، والــــورد ، وبنجــر الســكر ، والطماطم (Dickinson, 1981) .

وفى هذه الدراسة (Ahmed, 1983) ظهرت على أوراق الشعير بقع بنيــة علــى أنصال الأوراق ، يبلغ قطرها حوالى ملليمترين أو أقل . ولوحظ أن هذه البقع تتحد مع بعضها مكونة مساحة كبيرةً من أنسجةٍ ميتةٍ تغطى نصل الورقة ، و خاصة فى النباتات المعاملة بالفطــر *A. alternata* ؛ مما يدعــو إلى الاعتــقاد بأن هــذا الفطــر متطفل (Malone & Muskett, 1964 ; Ellis, 1971) .

كما سببت الفطريات *Cladosporium herbarum* و *C. cladosporioides* موتــا

للأنسجة النباتية ؛ مثل : أوراق الشعير ، والسيقان ، والسنابل ، والسفا . ويمكن اعتبار هذه الفطريات متطفلات (Dickinson, 1978) .وتعمل هذه الفطريات على الإسراع من شيخوخة النباتات ؛ مسببة تدهور الكلوروفيل وموت الأنسجة النباتية وتعفنها .

وتفرز هذه الفطريات أوكسينات وإنزيمات محللة ونواتج ثانوية من تمثيلها الغذائي تضر بالنبات (Petrini et al., 1979) . فعلى سبيل المثال ، وُجِدَ أن الفطر *C. herbarum* يفرز إندول حمض الخليك IAA (Valadon & Lodge, 1970) وإندول أسيتونتريل IAN (Buckley & Pugh, 1971) .

وقد وجد – أيضاً – أن هذه الفطريات تقوم بإفراز بعض الإنزيمات المحللة للسيليلوز والبكتين ؛ مما يجعلها قادرةً على اختراق الأنسجة والإضرار بخلايا العائل النباتى (Sie, 1951) .

وأوضحت هذه الدراسة (Ahmed, 1983) أن فطريات سطوح الأوراق المختبرة أمكنها النمو داخل نسيج أوراق الشعير؛ حيث شوهدت هيفات الفطريات المقسمة تنمو متفرعة بين خلايا الأوراق المصابة ، ثم تكوّن حواملها الكونيدية خارجة من الثغور . ولقد أوضح (O`Donnell & Dickinson (1980 أن فطريات سطوح الأوراق *C. cladosporioides* و *A. alternata* تحتاج إلى مدةٍ تتراوح بين ٧ أيام و ١٤ يوماً لكى تنمو داخل غرف الثغر ، ثم إلى أسبوع آخر حتى تتكون البقع الميتة .

ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) فى هذه الدراسة أن هيفات الفطر *A. alternata* تخترق بشرة أوراق الشعير اختراقاً مباشراً ؛ وذلك عن طريق عضو الالتصاق المتكون من طرف هيفا النمو . كما وجد (Dickinson (1981 أن هيفات هذا الفطر تخترق نسيج البشرة عند قمة أوراق القمح ؛ حيث يدل ذلك على أن هذا الفطر ممرضاً لأنسجة النبات .

ويؤدى النمو الكثيف لهيفات الفطر *A. alternata* إلى حجب الضوء الساقط على الأوراق بنسبة قد تصل إلى ٢٥ ٪ ؛ مما يقلل من عملية التمثيل الضوئى للأوراق (Tedders & Smith, 1976) . كما أن نمو هيفات الفطر على سطح الورقة يؤدى إلى هدم الكلوروفيل والإسراع من شيخوخة الأوراق .

ولقد وُجِدَ – أيضاً – أن هذه الفطريات النامية على سطوح الأوراق تقــوم بتحليــل الشموع والكيوتين (Heinen & De Vries, 1966 ; Ruinen, 1966 ; Klug & Markovetz, 1971) ؛ مما يساعد على زيــادة النتح ، ويسرع من شيخوخة الأوراق (Bell, 1974) .

وفى بحث اخر للمؤلف (Ahmed, 1988 b) تمت دراسة فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية من عينات مأخوذةٍ من نباتات مزروعةٍ بحقول بالقرب من مدينــة كفــر الزيات بمحافظة الغربية لمعرفة دورها فى إسراع شيخوخة الأوراق ؛ وذلك عن طريق تقدير كمية الكلوروفيل بالمقارنة بأحد الفطريــات الممرضــة للــذرة ، وهــو فطــر *Drechslera maydis* المسبب لمرض تبقع الأوراق .

ولقد تمت متابعة زيــادة أعداد العشائر الفطرية المختبرة على سطوح الأوراق لمدة ١٢ يومــاً ؛ حيث تم قيــاس كميــة الكلوروفيــل كل يومين كمعيــار لشيخــوخة الأوراق (Moore & Lovell, 1970) .

وفى هــذه الدراســة تم اخــتبار الفطــريات : *Cladosporium herbarum* ، و *Fusarium solani* ، و *Aspergillus niger* ، و *Penicillium chrysogenum* ، و *Alternaria alternata* بالمقارنة بالفطر الممرض *Drechslera maydis* .

وأظهرت النتائج زيادة كثافة العشائر الفطرية على أســطح أوراق الــذرة الشاميــة المعاملة بمرور الوقت ، وارتبط ذلك بتدهور المحتوى الكلوروفيلى للأوراق المختبرة والإسراع من شيخوختها .

وعند حساب معامل الارتباط بيــن زيــادة أعــداد الفطريــات المختــبرة ونقــص الكلوروفيــل ، ظهرت معنويته فى حالة الفطر الممرض *D. maydis* ، وأيضــاً فــى حالة أحد فطريات سطوح الأوراق وهو *F. solani* ؛ بحيث سبب الفطــران الســابقان إسراع شيخوخة أوراق الذرة الشامية معنويًا . ولقد وجد بعض البــاحثين أن الفطريــن السابقين يمكنهما إفراز توكسيناتٍ ضارةٍ بالنبات (Kern & Naff-Roth, 1965) .

خامس عشر ـ تفاعلات التضاد الحيوى على سطوح الأوراق:

لوحظ عديد من تفاعلات التضاد الحيوى على سطوح أوراق النباتــات ، ولكــن لا يمكن تفسيرها على أساس تنافس الأحياء الدقيقة على الغذاء كعامل مؤثر وحيد ، حيث

لا يمكن الاعتماد عليه فى تفسير حالات تثبيط بعض الفطريات الممرضة للنبـات فـى مرحلة نموها السطحى epiphytic phase على أوراق عوائلها النباتية .

ففى بعض الحالات ، وجد أن الفطريـات القاطنـة لسطوح الأوراق تقوم بـإفراز بعض المواد المثبطة لنمو بعض الفطريات الممرضة للنبات . فعلى سبيل المثال ، وجد Pace & Campbell (1974) أن الفطـر *Aureobasidium pullulans* والفطـر *Epicoccum purpurascens* من الفطريات الشائعة الانتشار على سطوح أوراق بعض النباتات الصليبية ، وهذا يجعلـها تُضـاد الفطـر الممـرض الجرحـى *Alternaria brassicicola* .

ولقد قام الباحثان السابقان بعـدوى أوراق الكرنـب - بعـد جرحـها - بـالفطر الممرض السـابق بالإضافـة إلـى فطـرى سـطوح الأوراق *A. pullulans* و *E. purpurascens* كل على حـدة أو مخلوطين معاً . ولقد أظـهرت النتـائج أن شـدة العدوى بالفطر الممرض كانت تتراوح بين ٨٠ و ١٠٠ ٪ عند استعمال لقـاح الفطـر الممرض منفرداً ، بينما عند إضافة فطريات سطوح الأوراق السابقة قبل لقاح الفطـر الممرض ، انخفضت شدة العدوى بدرجة كبيرة .

وترجع قدرة فطرى سطوح الأوراق السابقان على خفض القدرة المرضيـة للفطـر الممرض *A. brassicicola* إلى نموها السريع على سطوح الأوراق ، وزيادة نشاطـها الحيوى بما يجعلهما منافسين على المواد الغذائية الموجودة على سطوح الأوراق . وهذا يفسر زيادة هذا التأثير التنافسى عند إضافة لقاحهما قبل الفطر الممرض بمـدة حوالـى ١٤ ساعة .

وقد يرجع سبب هذه القدرة التنافسية للفطرين *A. pullulans* و *E. purpurascens* إلى إفراز مواد تثبط نمو الفطر الممرض لأوراق الكرنب ، حيث أمكن خفـض شـدة الإصابة إلى النصف عند إضافة مترشح البيئة النامى عليها الفطر *A. pullulans* إلـى لقاح الفطر الممرض قبل العدوى مباشرة .

سادس عشر - فطريات سطوح الأوراق والمكافحة الحيوية :

يمكن اعتبار التضاد الحيوى بين الأحياء الدقيقة سلوكاً شائعاً علـى سـطوح أوراق النباتات النامية تحت الظروف الطبيعية . ولكن ربما يتبادر إلى الذهن التسـاؤل عـن كيفية الاستفادة من هذا السلوك الطبيعى للفطريات القاطنة لسطوح الأوراق ؛ للحد مـن

النشاط الضار للفطريات الممرضة ، بما يمكن أن يطلق عليه أسم المكافحـــة الحيويـــة biological control .

وقد يكون ذلك ممكنا عن طريق زيادة أعداد هذه الأحياء الدقيقة القاطنـــة لســـطوح الأوراق ، أو إضافة أحياء دقيقة أخرى بأعداد وفيرة لتقوم بهذا الدور الحيوى الهام .

وعلى ذلك ، فإن احتمال نجـــاح مثل هذه الفطريات المترممـــة القاطنـــة لســـطوح أوراق النباتات فى المكافحة الحيوية للفطريات الممرضة تعتمـــد علـــى ســـلوك هـــذه الفطريات الممرضة على سطوح الأوراق . فالفطريات الممرضة التى تقضـــى الفـــترة الأولى من حياتها – قبل اختراق عائلها النباتى – على صورة هيفات تنمو على ســـطح الأوراق ، مستفيدة من المواد الغذائية المفرزة خارجيـــا علـــى ســـطوح هـــذه الأوراق تتعرض لمنافسة الفطريات المترممة ، بينما تهرب الفطريات الممرضة التـــى تخـــترق بشرة النبات بعد إنبات جراثيمها مباشرة من تلك المنافسة .

وعلى أية حال ، يؤدى اللجوء إلى هذه المكافحة الطبيعية (الحيوية) إلى تقليـــص استخدام المركبات الكيمائية القاتلة للفطريات (المطـــهرات الفطريـــة Fungicides) ، والتى تؤثـــر على فطريات ســـطوح الأوراق أكثـــر مـــن تأثيرهـــا علـــى الفطـــر الممرض .

فلقد لاحظ Pace & Compbell (1974) أن المطهر الفطرى الجهازى **Benomyl** يوفر مكافحة جيدة لعديد من الأمراض التى تصيب أوراق النباتات الصليبية ، فيما عدا مرض تبقع الأوراق المتسبب عن الفطر *Alternaria brassicicola* ؛ وذلك يرجع إلى مقاومة هذا الفطر لفعل المطهر الفطرى السابق . ولكن وجد – فى نفس الوقـــت – أن بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق (مثل الفطـــر *Aureobasidium pullulans* والفطر *Epicoccum purpurascens*) تؤثر على هذا الفطر الممرض ، وتحـــد مـــن قدرته المرضية .

وعند رش المطهر الفطرى **Benomyl** على أوراق هذه النباتات ، فإنه يؤثر علـــى فطرى سطوح الأوراق السابقين ، ويقل نشاطهما الحيوى ؛ تاركيْن الفرصـــة لنشـــاط الفطر الممرض لإحداث مزيد من مـــوت الأنسجة . وعلى ذلـــك فـــإن رش المطـــهر الفطرى **Benomyl** يزيـــد من شـــدة إصابة النبـــاتات الصليبية بفطـــر تبقع الأوراق *A. brassicicola* .

كما وجد (Fokkema (1971 أن الفطر *Cochliobolus* مقـاوم لفعـل المطـهر الفطرى **Benomyl** بصورة نسبية . ولوحظ أنه عند عدوى أوراق الشوفـان بـالفطر السابق بعد مرحلة الإزهار مباشرة وسقوط حبوب اللقاح علـى الأوراق كـانت شـدة الإصابة بالمرض تقل ٦٠ ٪ عن الأوراق التى تم رشها بالمطهر الفطرى **Benomyl** . وعند عد العشائر الفطريـة على سطوح الأوراق كانت حوالـى عشـرة الاف وحـدة مكونة للمستعمرات الفطريـة لكل سنتيمتر مربع على الأوراق التـى رشـت بالمـاء (مقارنة) ، بينما انخفضت هذه العشائر الفطرية على الأوراق التى تم رشها بالمطـهر الفطرى إلى حوالى ألف وحدة فقط .

وتوضح التجربة السابقة الدور السلبى الـذى يسـببه رش المجمـوع الخضـرى بالمطهرات الفطرية على أعداد عشائر الفطريات المترممة القاطنة لسـطوح الأوراق ، مما يقلل من الدور الحيوى الهام الذى قد تقوم به فى الحد من نشاط بعض الفطريـات الممرضة للنبات .

سابع عشر - التضاد الحيوى مـن خـلال التحلـل وإنتـاج المضادات الحيوية وتغيير رقم الحموضة :

هناك أنماط أخرى من التضاد الحيوى على سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثـال ، تتعرض جراثيم الفطريات للتحلل بفعل البكتيريا المفرزة للإنزيمات المحللـة للكيتيـن chitiolytic enzymes ، حيث لاحظ (Lenne & Parberry (1976 وجود تجمعـات من الخلايا البكتيرية تحيط بكونيديـات متحللـه وأنـابيب إنبـات للفطـر الممـرض *Colletotrichum gloeosporioides* على سطوح الأوراق .

وحيث إن أعضاء الالتصاق appressoria ضرورية لاختراق الفطريات الممرضـة لبشرة الأوراق ، فإن الفطر الممرض يعمل على أن يكون تركيب هذه الأعضاء صعب التحلل بواسطة البكتيريا . ولقد وجد أن الجدار الخلوى لأعضاء الالتصاق يدخـل فـى تركيبه مادة الميلانين melanin فى كثير من الفطريات الممرضة للنبات ، مما يجعلـها مقاومة للتحلل البكتيرى .

ويزداد تكوين أعضاء الالتصاق عند نمو هيفات الفطر الممـرض علـى سـطوح الأوراق فى وجود عشائر البكتيريا ، ولكن يقل عددها إذا أضيفت مواد غذائية – مثـل

محلول ١ ٪ جلوكوز ببتون – إلى سطح الأوراق . ويعتبر التأثير المشجع لزيادة تكوين أعضاء الالتصاق على سطوح الأوراق فى وجود البكتيريا هو رد فعل طبيعى للفطـــر الممرض تجاه الفعل التحليلى البكتيرى .

ومن ناحية أخرى ، يؤدى الجفاف ونقص المواد الغذائية على سطوح الأوراق إلـــى زيادة تكوين أعضاء الالتصاق . ويعمل سلوك الفطر الممـــرض فـــى زيـــادة تكوينـــه لأعضاء الالتصاق على احتفاظه بحياته على المدى القصير ، خلال المرحلة الأولى من العدوى ، والتى يطلق عليها اسم الطور السطحى epiphytic phase .

ويجب ملاحظة أنه فى مثل هذه الحالات ، فإن إضافة المواد الغذائية تـــؤدى إلـــى زيادة نمو أنبوب الإنبات وتكوين هيفات سطحية تحمـــل عـــددا قليـــلا مـــن أعضـــاء الالتصاق. وحيث إن الإصابة تتم من خلال تكوين أوتـــاد العـــدوى infection pegs المتكونة من خلال أعضاء الالتصاق ، فإن إضافة المواد الغذائية – فـــى مثـــل هـــذه الحالات – قد يؤدى إلى انخفاض الإصابة .

وهناك العديد من الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق المفرزة للمضـــادات الحيويـــة تحت ظروف إنمائها على البيئات الصناعية ، مثال ذلـــك الفطـــر *Aureobasidium* ، والخميرة *Sporobolomyces* ، إلا أنه لا توجد أدلة تؤكد أن هذا السلوك موجود علـــى سطوح الأوراق فى الطبيعة .

ومن ناحية أخرى ، يبدو أن إنتاج المضادات الحيوية بواســـطة بكتيريـــا ســـطوح الأوراق ليس شائعاً ، إلا أن بعض البكتيريا يمكنها إفراز ببتيدات ذات تـــأثير مضـــاد لنشاط الفطريات antifungal peptides ، وذلك تحت ظروف التجارب المعملية علـــى الأقل . ويؤدى نشاط مثل هذه البكتيريا على سطوح الأوراق إلى تقليل شـــدة الإصابـــة الناتجة عن بعض الفطريات الممرضة للنبات ؛ مثل أنواع الجنس *Colletotrichum* .

كما أن بعض الفطريات الممرضة للنبات تكون حساسة للتغير فى رقـــم حموضـــة الوسط الذى تنمو عليه . ففى الفطر *Septoria nodorum* يتم تثبيط إنبات الجراثيم عند انخفاض رقم الحموضة لأقل من pH 6.0 ، حيث تفشل جراثيم هذا الفطـــر الموجـــودة على حواف مستعمرة الفطر *Botrytis cinerea* فى الإنبات . ويرجع ذلك إلى انخفاض رقم الحموضة عند حواف مستعمرة الفطر السابق ، الذى يعتبر من الفطريات القاطنـــة لسطوح الأوراق .

ثامن عشر - المواد المفرزة من أوراق النبات ذات التأثير المثبط لنمو الفطريات :

تفرز بعض النباتات مواد مثبطة للنمو الفطرى fungistatic substances تسبب وقف إنبات الجراثيم ، أو الحد من نمو أنابيب الإنبات . ومن أكثر المواد المثبطة التى تفرزها النباتات شيوعاً الفينولات phenols التى تفرز من بعض أصناف التفاح، حيث تعمل هذه الفينولات على تثبيط إنبات جراثيم الفطر *Venturia inaequalis* المسبب لمرض جرب التفاح .

وكذلك تم التعرف على حمض الجاليك gallic acid كمركب مضاد للفطريات antifungal component فى قطيرات الندى المأخوذة من على سطوح أوراق أشجار الاسفندان sycamore . ويتم تكوين هذا الحمض من خلايا الورقة ، ثم يفرز إلى السطح الخارجى.

وتلعب شموع كيوتكل سطح الورقة دوراً فى تثبيط نمو الفطريات الممرضة ، فلقد وجد أن المواد القابلة للذوبان فى الأثير الحامضى من شموع أوراق التفاح ذات تأثير مثبط على نمو فطر *Podosphaera leucotricha* المسبب لمرض البياض الدقيقى فى التفاح . كما تؤثر الصفات الطبيعية لشموع الكيوتكل على معدل إفراز المواد المغذية والمضادة لنشاط الفطريات ، حيث تقلل الشموع الكارهة للماء hydrophobics من إفراز هذه المواد إلى السطح الخارجى للأوراق .

وعلى ذلك فهناك علاقات متشابكة شديدة التعقيد بين الفطر الممرض وعائله النباتى وفطريات سطوح الأوراق والمثبطات المفرزة والبيئة المحيطة . ومازالت هذه العلاقات المتشابكة مجهولة فى مجملها ، ومن الصعب دراستها فى منظومتها الطبيعية ، إلا أن النتائج المتاحة تشير إلى أن الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق تعمل كعامل منظم ومحدد لسلوك الفطريات الممرضة للنبات .

تاسع عشر - تحلل الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات:

تختلف المدة الزمنية المحصورة بين تساقط أوراق الأشجار على سطح التربة وتحليلها تحليلا كاملا . فعلى سبيل المثال تحتاج الأوراق الأبرية فى غابات الصنوبريات الموجودة فى المناطق المناخية الباردة إلى حوالى عشر سنوات أو أكثر

لتحليل أوراقها الإبرية ، بينما تقل هذه المدة إلى سنة واحدة فـــى أشجـــار الـــدردار ، وتصل إلى أسابيع قليلة في أشجار الغابات الاستوائية .

ومن المعروف أن الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات شديدة الصلابـــة وبطيئـــة التحلل . وتتساقط هـــذه الأوراق – عادة – خلال شهرى أغسطس وسبتمبر ، ثم تتراكم بكميات كبيرة على سطح الأرض فى طبقات متراصة بعضها فوق بعض ، تزداد عاماً بعد عام .

ويمكن تقسيم طبقة الأوراق المتساقطة على ســطح الأرض تقسيماً رأســيا ، تبعــاً لعمر هذه الطبقات ومرحلة تحلل أوراقها . وتعتبر الطبقة السطحية الحديثة (L) هـــى أولى هذه الطبقات ، يليها لأسفل الطبقات (F1) و (F2) ثم (H) ؛ وهـــى اقـــدم الطبقات عمراً وأكثرها عمقاً .

وتتكون الطبقة (L) من الأوراق الإبرية المتساقطة حديثاً ، والتى لم تبدأ بعد فـــى التحلل . وتتميز هذه الأوراق بلونها الذى يتراوح بين البنى الفاتح إلى الباهت ، بينمـــا تكون الأوراق الأقدم عمراً ذات لون داكن .

وتبقى الأوراق فى هذه الطبقة حوالى ستة شهور محتفظة بمقاومـــة عاليـــة للشـــد high tensile strength ، وذات محتوى منخفض من الرطوبة . وتتميز هـــذه الطبقـــة بأنها مفككة وغير مندمجة ، وتتعرض عادة للجفاف ؛ مما يجعلها غـــير مهيئـــة لنمـــو الفطريات عليها بصورة مستمرة .

وتتميز الأوراق الإبرية فى الطبقة التالية (F1) بأنها ذات لون رمادى يتحول إلى البنى الداكن فى الجزء السفلى من هذه الطبقة . كما تحتفظ الأوراق الإبريـــة بشكلـــها العام، ولكن يلاحظ تحلل أنسجتها الداخلية ؛ مما يجعلها أقل مقاومة للشد low tensile strength ، بينما يزداد محتواها المائى عن الطبقة العليا .

وتتغير صفات الأوراق الإبرية فى الطبقة (F2) التى تقع أسفل الطبقة الســـابقة ، حيث تظهر الأوراق بلون رمادى ،وتكون عادة مفتتة نتيجة تحلل أنسجتها الداخليـــة . وتشاهد على هذه الأوراق كتل من براز الحيوانات الصغـــيرة microfauna ، حيـــث تنشط هذه الكائنات فى هذه الطبقة من الأوراق وتساعد على تحللها .

ويزداد نشاط الحيوانات الصغيرة فى الطبقة السفلى (H) ؛ حيـــث تـــزداد كتـــل برازها على الأوراق الإبرية المتحللة ، كما تنمو هيـــفات الفطريات بغزارة على كـــل

من الأوراق الإبرية وكتل براز الحيوانات الصغيرة . وتعتبر هذه الطبقـة هـي أحـر طبقات الأوراق الإبرية المتساقطة المتحللة ، حيث تليها طبقـة مـن الدبـال humus والتربة المعدنية.

ويؤثر في مراحل تتابع الفطريات المحللة للأوراق الإبرية عاملان أساسيان ، الأول هو الوقت الذى تم فيه تساقط الأوراق ، والثانى هـو تـاريخ هـذه الأوراق السـابق لتساقطها. وتتميز الأوراق الإبرية بأنها ليست متجانسة إلى حد بعيد ، وتكون مختلفـة في العمر وفي تركيبها الطبيعي ومحتواها الغذائى عند تساقطها على سطح التربة ، كما تتابين العشائر الفطرية النامية على سطوحها أو داخل أنسجتها بدرجة كبيرة .

وحيث إن هذه الأوراق الإبرية مغطاة بطبقة سميكة شمعية علـى بشرتـها ، فـإن العشائر الفطرية التى تنمو على سطحها تكون – عـادة – غـير كثيفـة ومتنـاثرة ، ومعظمها لفطريات الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* . وعلى ذلك تختلـف عشائر الفطريات على سطوح هذه الأوراق الإبرية بالمقارنة بالنمو الكثيـف لعشـائر الفطريات القاطنة لسطوح أوراق الأشجـار المتساقطـة الأوراق وأوراق النباتـات العشبية والحولية .

وعلى الرغم من انخفاض عشائر فطريات سطوح الأوراق الابريـة ، فـإن هـذه الفطريات تقل في أعدادها بعد تساقط الأوراق على سطح التربـة ، وتظـهر أنـواع أخرى من فطريـات الخمائر مثل *Bullera* spp. ، ومـن الفطريـات الهيفيـة مثـل *Sclerophoma pithiophila* .

ويتوالى نمو الفطريات على الأوراق الإبرية المتساقطة ، حيث يظهر الفطر الأسكى *Lophodermella sulcigena* مكونا أجساما ثمرية مفتوحة apothecial ascomycete، وكذلك الفطر *Coleosporium senecionis* وهو أحد فطريات الصدأ المسبب لتسـاقط الأوراق الإبرية قبل أوانها ، وذلك بطريقة مباشـرة ، أو عن طريق تهيئتها للإصابـة بفطريات أخرى ممرضة .

وتعتبر ظاهـرة التهيئة للإصابة من الظواهر الشائعـة الوجـود علـى الأوراق الإبرية . فعلى سبيل المثال ، تعمل إصـابة الأوراق الإبريـة الصغيرة فـي عامـها الأول بـالفطر *Lophodermella sulcigena* إلـى تهيئتـها للإصابـة بـالفطر *Hendersonia acicola* أو الفطر *Lophodermium pinastri* ، ثم أخـيرا تصـاب

الفطر *Naemocyclus niveus* الذى يسبب تساقط الأوراق الإبرية فى الصيف التالى .

وتنمو مثل هذه الفطريات الممرضة الضعيفة التطفل على سطوح الأوراق الإبرية مباشرة ، ولكنها تنتشر ببطء شديد حتى تبدأ هذه الأوراق فى الشيخوخة . وكذلك تهاجم هذه الفطريات الممرضة أنسجة الأوراق التى أضيرت بفعل الحشرات .

وقد تصاب الأوراق الإبرية الحية بالفطر *Fusicoccum bacillare* أو الفطر *Sclerophoma pithiophila* ، حيث يؤدى ذلك إلى موت هذه الأوراق وتحول لونها إلى اللون البنى ، ولكنها تبقى متعلقة على الأشجار ولا تسقط على الأرض إلا خلال فصل الصيف .

وينمو الفطر *S. pithiophila* عادة على الأوراق الإبرية ذات المحتوى العالى من المواد الغذائية ، مثل الأوراق الحديثة التى يقل عمرها عن سنة ، والتى تتساقط – عادة – وهى مازالت خضراء اللون . ومن الشائع تساقط الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر فى أعمار مختلفة وأوقات مختلفة من السنة ، وبالتالى فإن سطوحها تكون مغطاة بنموات هيفية لفطريات متباينة ، حيث تبدأ نشاطها فى تحليل هذه الأوراق بعد تساقطها .

ومن الفطريات النشطة فى تحليل هذه الأوراق الإبرية الفطر *Lophodermella sulcigena* الذى يهاجم الأنسجة الداخلية للأوراق mesophyll tissue ، وكذلك الفطر *Hendersonia acicola* المحلل للسيليلوز ، والذى يسبب تحلل أنسجة الورقة حتى تتحول إلى هيكل من الأنسجة الملجننة المغطاة بالبشرة الشمعية .

ومن الفطريات الأخرى النامية على سطوح الأوراق الإبرية الفطر *Lophodermium pinastri* الذى يكوّن بقعاً ذات حدود داكنة اللون pigmented diaphragms على طول الأوراق الإبرية ، تحدد أماكن انتشار مستعمرته الفطرية (شكل ٥ – ٢٥ – a) .

وتهاجم الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق الإبرية بعد ذلك مثل هذه الأنسجة النباتية التى ينمو عليها الفطر السابق ، دون أن تستطيع اختراق الحدود الداكنة اللون ذات الترسيبات الميلانينية melanized diaphragms . ولقد وجد أن هذا الفطر (*L. pinastri*) يقوم بإفراز مضادات حيوية فعالة ضد

الفطريات powerful antifungal antibiotics على البيئات الصناعية فـــى المعمـــل ، ويعتقد أن هذه المضادات الحيوية تلعب دورا فى وقف نمو الفطريات المترممـــة علـــى سطوح الأوراق .

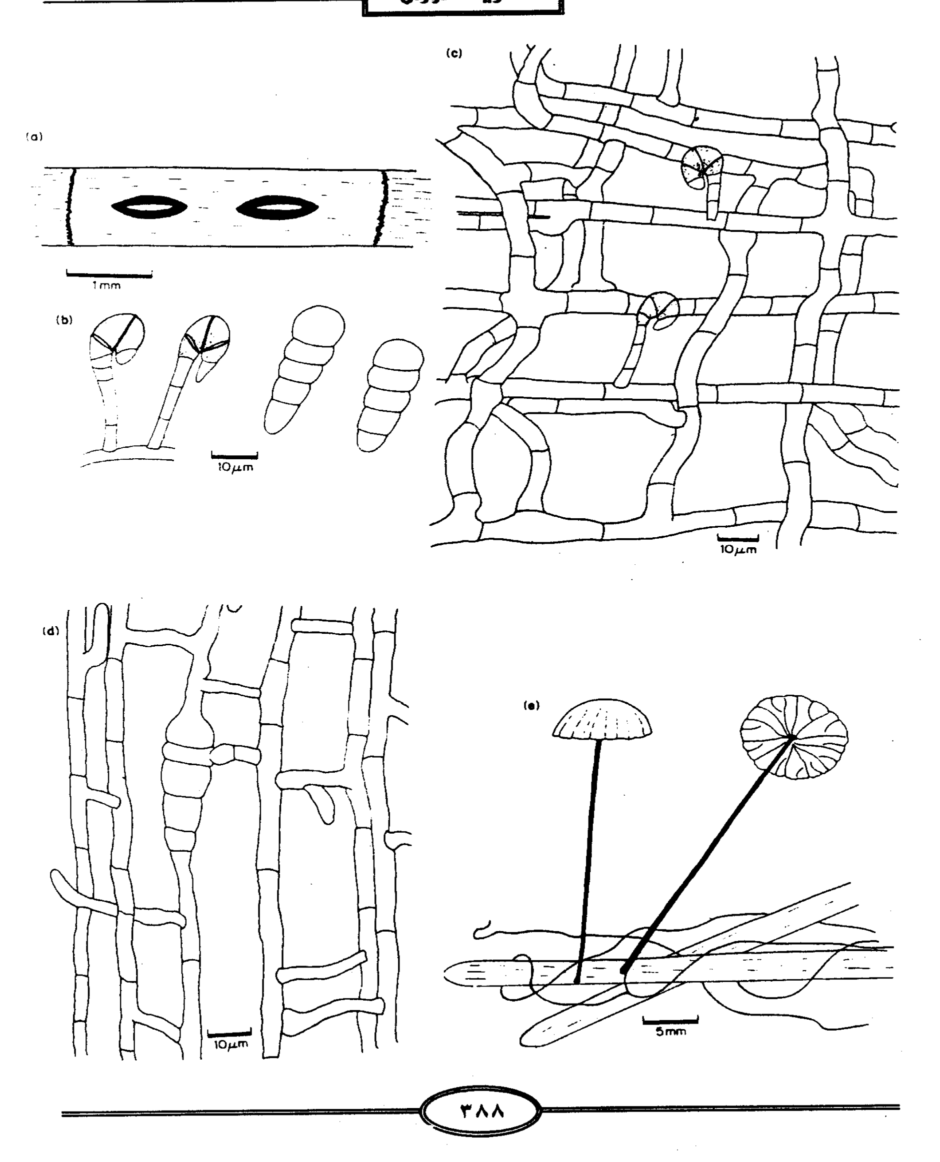
ويتراوح عمر الأوراق الابرية المتساقطة – عادة – بين سنتين وثـــلاث ســـنوات ، حيث تتساقط هذه الأوراق خلال شهرى اغسطس وسبتمبر . وينمو علـــى مثـــل هـــذه الأوراق الفطر *Lophodermium pinastri* ، بينمـــا ينمـــو الفطـــر *Sclerophoma pithiophila* بقلة .

وبعد تساقط هذه الأوراق الإبرية مباشـــرة ، تنمو على ســـطحها شـــبكة مـــن النموات الهيفيـــة ذات اللـــون البنى الداكن أو الأسود (شكل ٥ – ٢٥ – e) نتيجـــة نمـــو بعـــض الفطـــريات مـــثل *Sympodiella acicola* و *Helicoma monospora* (شكل ٥ – ٢٥ – b) كما ينمو الفطـــر الأســـكى *Kriegeriella mirabilis* علـــى الأوراق الإبـــريـــة تحت الظـــروف الجـــافة (شكل ٥ – ٢٥ – d) . وعلى الرغـــم من نمو هيفات الفطريات السابقة على الأوراق الإبرية المتساقطة ، فإنها تســـتمر فـــى نموها السطحى دون أن تخترق أنسجة الأوراق ، وبالتالى لا تتحلل الأنسجة الداخليـــة لهذه الأوراق .

وتسلك بعض الفطريات سلوكا مخالفا لما سبق ، حيـــث تخـــترق هيفـــات الفطـــر *Desmazierella acicola* الأنسجة الداخليـــة للأوراق ، ثم ينتج الفطـــر كونيدياتـــه من الوسائد الهيفية المتزاحمة ذات اللون الداكن ، التى تتكون فوق الحشيـــات الثمريـــة للفطر .

وفى هذه المرحلة ، تقوم الحيوانات الصغيرة microfauna – مثل الأكاروســـات – بالتهام هيفات وجراثيم الفطريات النامية على سطوح الأوراق . وتـــتزايد أعـــداد هـــذه الحيوانات الصغيرة على الأوراق الإبرية مع زيادة رطوبتها خاصة فى الطبقة (F1). ويستمر هذا النشاط الحيوى على الأوراق الإبرية لمدة حوالى سنتين ، وقد يستمر إلـــى حوالى سنتين ونصف بعد تساقط الأوراق .

وينتج الفطر *D. acicola* إنتاجا وفيرا من الحوامل الكونيدية فى فصـــل الصيـــف التالى لسقوط الأوراق ، بينما يكوّن الفطر *L. pinastri* أجسامه الثمرية الأســـكية فـــى الطبقة (L) فى الفترة من شهر يناير إلى شهر مايو ، موفرا لقاحا فطريا يكفى لإصابة الأوراق الإبرية السليمة على أشجارها .


(a)
1 mm
(b)
10 μm
(c)
10 μm
(d)
10 μm
(e)
5 mm

شكل (٥ – ٢٥) : a = جسمان ثمريان أسكيان للفطر *Lophodermium pinastri* على ورقة إبـرية لأشجار الصنوبر .

b = كونيديات الفطر *Helicoma monospora* وجراثيـم أسـكية للفطـر *Kriegeriella mirabilis* .

c = كونيديات وشبكة من نموات هيفية للفطـر *Helicoma monospora* نامية على سطح ورقة ابرية لأشجار الصنوبر .

d = جرثومة أسكية وشبكة من النمـوات الهيفيـة للفطـر *Kriegeriella mirabilis* على سطح ورقة إبرية لأشجار الصنوبر .

e = أشكال جـذرية تشبه الخيوط thread-like rhizomorphs وجسـمان ثمريان للفطر *Marasmius androcaceus* متكونـان علـى الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (عن Hudson, 1986) .

وتلعب الحيوانات الصغيرة microfauna دورا فعالاً فى الطبقة (F2) التى تكـون فيها الأوراق الإبرية المتساقطة قد دخلت عامها الثالث بعد تسـاقطها . وتتغـذى هـذه الحيوانات الصغيرة على هيفات الفطريات وأعضاء التكاثر المتكونـة عليـها ، بينمـا تستمر الفطريات فى نموها مهاجمة الأنسجة الداخلية للأوراق الإبريـة ؛ مثـال ذلـك الفطران *L. pinastri* و *D. acicola* .

ويلاحظ أن جزيئات الأوراق الإبرية التى لا تصاب بالفطريات الداخليـة السـابقة تصبح عرضة لمهاجمة الفطريات المترممة القاطنة لسـطوح الأوراق ، مثـال ذلـك *Penicillium* spp. و *Trichoderma* spp. ، بالإضافة إلى بعـض فطريـات عيـش الغراب الخيشومية القاطنة للأوراق الإبرية .

وتبقى الأوراق الإبرية للصنوبر فى هذه الطبقة (F2) لمدة حوالى سبع سـنوات ، حيث تقوم الفطريات والحيوانات الصغيرة بتحليلها ، فينخفض وزنـها تدريجيـا ، ثـم تتحول بعد ذلك إلى طبقة دبالية humus layer .

وعلى أية حال ، مازال الدور الذى تقوم به فطـريات عيش الغراب الخيشـومية فى تحليل الأوراق الإبرية للأشجار الصنوبريـة مجـهولا ، ولكـن يعتقـد أن هـذه الفطـريات تشارك فى تحليل السيليلوز واللجنين فى المراحل النهائيـة لتحليـل هـذه الأوراق .

ومن أكثر فطريات عيش الغراب الخيشومية الدقيقة شيوعاً على الأوراق الإبرية للصنوبر الفطر *Marasmius androsaceus* والذى يطلق عليه – عادة – اسم فطر عيش غراب شعرة الحصان Horse hair fungus ؛ نظراً لأن ساقه نحيلة وطويلة ذات لون أسود لامع تشبه شعرة الحصان .

وينمو هذا الفطر على الأوراق الإبرية بعد تساقطها بفترة قصيرة مكوناً أشكالاً جذرية (ريزومورفات) قطنية الشكل cotton-like rhizomorphs سوداء اللون ، نامية من عشيرة الفطر على أوراق الصنوبر القديمة فى الطبقات السفلى . وتقوم هذه الأشكال الجذرية بربط الأوراق الإبرية ببعضها فى كتلة متشابكة من الخيوط .

وقد تظهر الأجسام الثمرية لهذا الفطر (*M. androsaceus*) فى مجموعات متكاثفة تنمو على الأوراق الإبرية فى الفترة من شهر مايو إلى شهر نوفمبر (شكل ٥ – ٢٥ – e) . ويتميز الفطر السابق بقدرته الفائقة على تحليل السيليلوز واللجنين مسبباً تحللاً داخلياً كاملاً للأوراق . ولا يمكن إغفال دور هذا الفطر فى تحليل مخلفات الأشجار ؛ حيث إن هيفاته الفطرية تكون – عادة – وفيرة ومنتشرة خلال الطبقتين (L) و (F) .

ولقد وجد كثير من فطريات عيش الغراب الخيشومية نامية فى الغابات المخروطية . فعلى سبيل المثال قدر Richardson (1970) القدرة الإنتاجية الكلية لغابة مخروطية من أشجار الصنوبر فى اسكوتلاندا بين ٢٥٠ و ٥٠٠ ألف جسم ثمرى لكل هكتار سنويًا . وكان معظم هذا الإنتاج خلال شهرى أغسطس وسبتمبر .

ولا يقتصر نشاط فطريات عيش الغراب السابقة من الجنس *Marasmius* على تحليل أوراق الأشجار الصنوبرية فى المناطق المناخية الباردة ، ولكن تنشط بعض أنواعه على قمم الأشجار فى غابات المناطق الاستوائية فى تحليل الأوراق والفروع الميتة ، وذلك عن طريق نمو الأشكال الجذرية لهذا الفطر ، ولكن بطريقة مبتكرة .

فعلى سبيل المثال، تنتشر هذه الأشكال الجذرية على قمم أشجار الغابات الاستوائية فى الاكوادور ، حيث قدر Hedger (1990) طول الأشكال الجذرية المتكونة فى هكتار واحد من الغابة بحوالى ١٨٠ كيلومتر ، استطاعت اصطياد كمية من أوراق الأشجار والأغصان الميتة قدرها ٢٥٠ كيلو جرام تقريباً .

وتنتج هذه الأشكال الجذرية أجســـاماً ثمريـــة دقيقـــةالحجم للفطـــر *Marasmius crinisequi* ؛ الذى يتميز بإنتاج أشكال جذرية هوائية ممتدة تظهر عليها أجسام ثمريـــة دقيقة ذات لون بنى مصفر أو برتقالى .

ومن الأنواع الأخرى التى شوهدت الفطر *M. nigrobrunneus* الذى ينتج أشكـــالاً جذرية هوائية أكثر سمكاً من الفطر السابق ، سوداء اللون ، تحمل أجساماً ثمرية بنيـــة رمادية .

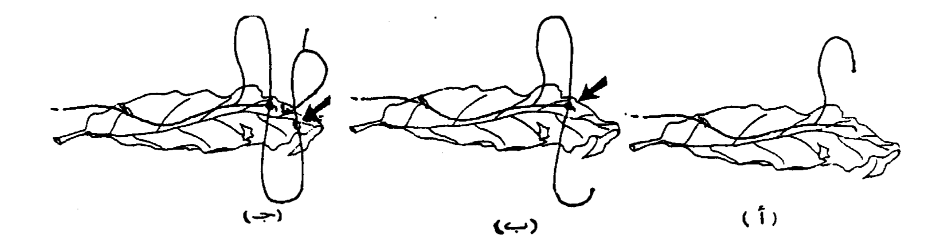
وتنتشر الأشكال الجذرية للفطـــر *M. nigrobrunneus* فـــى غابـــات الاكـــوارود الاستوائيـــة، لدرجـــة أن طيـــور الطنـــان Humming brids تقـــوم بجمعـــها لبنـــاء عشوشها منها . وتستكمل هذه الأشكال الجذرية نموها داخل عشوش هذا الطائر مكونة أجساماً ثمرية رهيفة ، تجعل من عش الطائر حديقة معلقة من ثمار عيش الغراب .

وتتميز فطريات عيش الغراب الســـابقة من الجنـــس *Marasimus* بآليـــة مبتكـــرة لالتقاط أوراق الأشجار والفروع الميتة التى يدفعها الهواء ، حيث يتم ذلك عن طريـــق نسج مصيدة محكمة على هيئة شباك من الأشكال الجذرية ، تتدلـــى مـــن أوراق قمـــم الأشجار فى تلك الغابات الاستوائية ، بعيداً عن منافسة الفطريات الأخرى علـــى أرض الغابة .

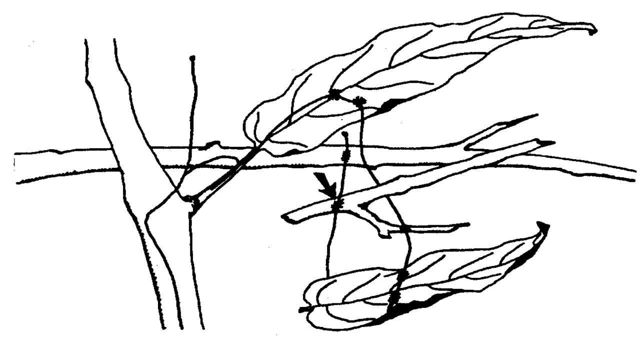
ويتم تكوين تلك المصائد الشبكية عن طريق نمو خيط من الشكـــل الجـــذرى لأحـــد فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Marasmius* ، حيث يأخذ مساره علـــى طـــول العرق الوسطى لأحـــد أوراق الشجرة حتى قرب نهايتها ، ثم يتوف عن النمو متجـــهاً إلى أعلى فى نمو رأسى لمسافة قصيرة ، ثم يعود ليتدلى إلى أسفل حتى يقـــابل النمـــو الافقى للشكل الجذرى على سطح الورقة مرة أخرى .

ويعود الشكل الجذرى ليستكمل نموه لأسفل ، مكوناً لفة أخرى ، ويعود مرة ثالثـــة إلى سطح الورقة ليقابل النمو الأفقى السابق ، وهكذا حتى تتكون عدة حلقات من الشكل الجذرى تأخذ فى النهاية شكلاً شبكيًا (شكل ٥ – ٢٦) . وتقوم هذه الشبكة باصطيـــاد أوراق الأشجار والأغصان الميتة (شكل ٥ – ٢٧) .

وتدل التراكيب الفطرية السابقة والسلوك غير المألوف للأشكال الجذرية على مـــدى تأقلم بعض فطريات عيش الغراب القاطنة لســـطوح أوراق قمم الأشجـــار الاســـتوائية على النمو واصطياد غذائها من الأوراق والفروع الميتة .



شكل (٥ – ٢٦) : رسم يوضح مراحل نمو الشكل الجذرى أفقيا على سطح ورقة حية من أوراق الأشجار، ثم نمو فرع من الشكل الجذرى عموديا لأعلى ثم عودته لأسفل (أ) حيث يلتقى مرة أخرى بالنمو الأفقى على سطح الورقة (ب) ، ويعود الشكل الجذرى للنمو الرأسى لأسفل والعودة إلى سطح الورقة مرة أخرى (جـ) ، حتى يتم تكوين شبكة من النموات فى فترة حوالى أسبوع (طول الخط الأسود عند جـ = سنتيمترا واحدا) .



شكل (٥ – ٢٧) : رسم يوضح المرحلة النهائية لتكوين حلقة صائدة لأوراق الأشجار والأغصان الميتة التى تتعلق بالأشكال الجذرية لفطر عيش الغراب (*Marasmius* spp.) القاطن لأعالى الأشجار فى الغابات الاستوائية . لاحظ نمو هيفات الفطر من الأشكال الجذرية على الورقة الميتة والغصن الميت (السهم) .

عشرون - المراجع References :

Abdel-Fattah. H. M.; A. H. Moubasher and S. I. Abdel Hafez (1977). Fungus flora root and leaf surface of broad bean cultivated in oases. Egypt. Naturalia monspleliensia. Ser. Bot. 27 : 167 - 177 .

Abd El-Hafez. S. I. I. (1981). Phyllosphere fungi of wheat cultivated in Saudi Arabia. Mycopathologia. 75 : 33 - 38.

Abd El-Wahab A. M. (1975). Phyllosphere microflora of some Egyptian plants. Folia Microbial 20 (3) : 236 - 245.

Ahmed. M. A. (1983) . Untersuchungen zur Mikroflora der Phyllosphaere von Gerste. Disseration. Goerge. August Universitat. Gottingen. West Germany pp. 160.

Ahmed. M. A. (1988 a). Behaviour of phyllosphere fungi on maize leaves in Egypt. Proc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo. III. Pp. 57 - 70 .

Ahmed. M. A. (1988 b) . Effect of phyllospheric fungi on the acceleration of leaf senescence on maize in relation to *Drechslera maydis*. Proc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo III. pp. 71 - 82 .

Ahmed. M. A. and E. A. Saleh (1987). Phyllosphere microflora of tomato leaves and their antagonistic activity against *Alternaria solani* Proc. 1st Conf. Agric. Develop. Res. Cairo 4 : 106 - 122 .

Ali. M. I. ; A. H. Abu-Zinada and Z. Al-Marsharawi (1977). Survey of air-borne mould flora at Riyad. Saudi Arabia. Bulletin of the Faculty of Science. Riyad University. 215 - 228 .

Bary. A. de. (1866) . Morphology and physiology of the fungi. lichens and myxomycetes. In Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece. T. F. and C. H. Dickinson 1971) . 445 .

Bary. A. de. (1887) . Comparative morphology and biology of the fungi. mycetozoa and bacteria. Clarendon Press. Oxford. In Ecology of leaf surface micoorganisms (Ed. Preece . T. F. and C. H. Dickinson. 1971). 431 .

Bashi. E. and N. J. Fokkema (1977) . Environmental factors limiting growth of *Sporobolomyces roseus*. an antagonist of *Cochliobolus sativus*. on wheat leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 68 (1) : 17 - 25 .

Beech. F. W. and R. R. Davenport (1971) . A survey of methods for the quantitative examination of the yeast flora of apple and grape leaves. In Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece. T. F. and C. H. Dickinson) . 139 - 157 .

Bell. M. K. (1974) . Decomposition of herbaceous litter. In " Biology of plant litter decomposition " vol. 1 (Ed. Dickinson. C. H. and G. J. F. Pugh) . 37 - 67.

Bessems. E. P. M. (1974) . Nitrogen fixation in the phyllosphere of gramineae-Agric Res. Epts. 786. Center of Agric. Pub. Domcuentation. Wageningen.

Bewley. R. J. F. and R. Campbell (1980) . Influence of zinc. lead and cadmium pollutants on the microflora of hawthon leaves. Microbial Ecology. 6 : 227 - 240.

Blakeman. J. P. (1972) . Effect of plant age on inhibition of *Botrytis cinerea* spores by bacteria on beetroot leaves. Physiol. P1. Path. 2 . 143 - 152 .

Blakeman. J. P. and A. K. Fraser (1971) . Physiol. P1. Path. 1 . 45 .

Bollard. E. G. (1960) . Transport in the Xylem. A. Rev. P1. Physiol. 11 . 141 - 166 .

Bride. Mc R. P. and A. J. Hayes (1977) . Phylloplane of European Larch. Trans. Br. mycol. Soc. 69 (1) . 39 - 46 .

Brooks. F. T. and C. G. Hansford (1923) . Mould growths upon coldstore meat. Trans. Br. mycol. Soc.. 8 : 113 - 142 .

Bruehl. G. W. and P. Lai (1966) . Prior colonization as a factor in the saprophytic survival of seven fungi in wheat strow. Phytopathology 56 : 766 - 768 .

Buckley. N. G. and G. J. F. Pugh (1971) . Auxin production by phylloplane fungi. Nature. 231 : 332 .

Burchill. R. T. and R. T. A. Cook (1971) . The interaction of urea and microorganisms in suppressing the development of perithecia of *Venturia inaequalis* (Cke) . Wint. In Ecology of leaf surface microorganisms. (Ed. Preece. T. F. and C. H. Dickinson) . 471 - 483 .

Chang. Y. and H. J. Hudson (1967) . The fungi of wheat strow compost. I. Ecological studies. Trans. Brit. mycol. Soc. 50 : 649 - 666 .

Cooke. W. B. (1960) . Mycopath. Mycol. Appl.. 11 : 1 .

Couey. H. M. (1965) . Inhibition of germination of *Alternaria* spores by sulphur dioxid under various moisture conditions. Phytopathology 55 : 525 - 527 .

Couey. H. M. and M. Uota (1961) . Effect of concentration. exposure time. temperature and relative humidity on the toxicity of sulphur dioxide to the spores of *Botrytis cinerea* . Phytopathology 51 : 815 - 819 .

Dhanraj. K. S. (1970) . *Alternaria* leaf blotch. Indian Phytopathology. 23 : 116 - 117 .

Dickinson. C. H. (1965) . The mycoflora associated with *Halimione portulacoides* III. Fungi on green and moribund leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 48 : 603 - 610 .

Dickinson. C. H. (1967) . Fungal colonization of *Pisum* leaves. Can. J. Bot.. 45 : 915 - 927 .

Dickinson. C. H. (1971) . Cultural studies of lef saprophytes. In Ecology of leaf surface microorganisms. (Ed. Preece. T. F. and C. H. Dickinson) . 129 - 137 .

Dickinson. C. H. (1973) . Interactions of fungicides and leaf saprophytes. Pestic. Sci. 4 : 563 - 574 .

Dickinson. C. H. (1978) . Factors affecting microbial growth in the phylloplane. 3rd International Congress of Plant Pathology. Munchen. 102.

Dickinson. C. H. (1981) . Biology of *Alternaria alternata* . *Cladosporium cladosporioides* and *C. herbarum* in respect of their activity on green leaves. In Microbial Ecology of the Phylloplane. (Ed. Blakman. J. P.) pp. 169 - 184 . London. Academic Pess.

Dickinson, C. H. and D. Bottomley (1980) . Germination and growth of *Alternaria* and *Cladosporium* in relation to their activity in the phylloplane. Trans. Br. mycol. Soc. 74 (2) : 309 - 319 .

Dickinson, C. H. and J. O'Donnell (1977) . Behaviour of phylloplane fungi on *Phaseolus* leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 68 (2) : 193 - 199

Diem, H. G. (1971) . effect of Low Humidity on the survival of germinated spores commonly found in the phyllosphere. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 211 - 219 . Academic Press. London.

O'Donell,J. and C. H. Dickinson (1980) . Pathogenicity of *Alternaria* and *Cladosporium* isolates on *Phaseolus*. Trans. Br. mycol. Soc. 74 (2) : 335 - 342 .

Ellis, M. B. (1971) . *Dematiaceous* Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institut. Kew England .

Fokkema, N. J. (1968) . The influence of pollen on the development of *Cladosporium herbaum* in the phyllosphere of rye. Neth. J. Pl. Path., 74 : 159 - 165 .

Fokkema, N. J. (1971) . The influence of pollen on saprophytic and pathogenic fungi on the leaves. In Ecology of leaf-surface microorganisms (Preece. T. F. and Dickinson, C. H. Eds) . pp. 277 - 282 . Academic Press. London .

Fokkema, N. J. (1973) . The role of saprophytic fungi in antagonism against *Drechslera sorokiniana* (*Helminthosporium sativum*) on agar plates and on rye leaves with pollen. Physiological Plant Pathology, 3 : 195 - 205 .

Fokkema, N. J. (1976) . Antagonism between fungal saprophytes and pathogens on aerial plant surfaces. In Microbiology of aerial plant surfaces (Ed. Dickinson, C. H. and T. F. Preece, 1976) . 487 - 506 .

Fokkema, N. J. (1978) Fungal antagonisms in the phyllosphere. Ann. Appl. Biol. 89 : 115 - 142 .

Fokkema, N. J. (1981) . Fungal leaf saprophytes, beneficial or detrimental ? In Microbial Ecology of the Phylloplane (Ed. Blackman, J. P. 1981) Academic Press. 432 - 454 .

Fokkema, N. J. ; J. G. den Houter ; Y. J. C. Kostermann ; A. L. Nelis (1979) . Manipulation of yeasts on field-grown wheat leaves and their antagonistic effect on *Cochliobolus sativus* and *Septoria nodorum*. Trans. Br. mycol. Soc. 72 (1) : 19-29.

Fokkema, N. J. and J. W. Lorbeer (1974) . Interaction between *Alternaria porri* and the saprophytic mycoflora of onion leaves. Phytopathology, 64 : 1128 - 1133 .

Gadd, G. M. (1983) . The use of solid medium to study effect of Cadmium, Copper and Zinc on yeasts and yeast-like fungi applicability and limitions. Journal of Applied Bacteriology, 54 : 57 - 62 .

Gadd, G. M. (1984) . Effect of Copper on *Aureobasidium pullulans* behaviour. Trans. Br. mycol. Soc., 82 : 546 - 549 .

Gadd, G. M. and A. J. Griffiths (1980) . Influence of phyllosphere on toxicity and uptake of copper in *Aureobasidium pullulans* . Trans. Br. mycol. Soc., 75 : 91 - 96 .

Garrett, S. D. (1963) . Soil fungi and soil fertility. 165 pp. Pergamon Press, London .

Hallam. N. D. and B. E. Juniper (1971) . The anatomy of leaf surface . In. T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) : Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 3 - 37 Academic Press. London.

Heather. W. A. (1967) . Leaf characters of *Eucalyptus bistata* Maiden et al., seedlings affecting the deposition and germination of spores of *Plaeoseptoria eucalypti* (Hansf.) Walker. Aus. J. Biol. Sci. 20 : 1155 - 1160 .

Hedger. J. (1990) . Fungi in the tropical forest canopy. The Mycologist. 4 (4) : 200 - 202

Heinen. W. and H. de Vries (1966) . Stages during the breakdown of plant cutin by soil micro-organisms. Arch. Microbiol. . 54 : 331 - 338 .

Hering. T. F. (1967) . Fungal decomposition of oak leaf litter. Trans. Br. Mycol. Soc. 50 : 267 - 273 .

Hirst. J. M. and O. J. Stedman (1963) . The liberation of fungus spores by rain drops. J. Gen. Microbiol. 33 : 335 .

Hislop. E. C. (1971) . Side effects of pesticides. The effect of fungicides on the epiphytic micro-flora. Scientific Horticulture. 23 : 143 - 147 .

Hislop. E. C. and T. W. Cox (1969) . Effects of captan on the nonparasitic microflora of apple leaves. Trans. Be. mycol. Soc. 52 (2) : 223 - 235 .

Hudson. H. J. (1968) . The ecology of fungi on plant remains above the soil. New Phytol. 67 : 837 - 874 .

Hudson. H. J. (1969) . *Asperqilli* in the air-spora at Cambridge. Trans. Br. mycol. Soc.. 52 : 153 - 159 .

Hudson. H. J. (1971) . The development of the saprophytic fungal flora as leaves senesce and fall. In : Ecology of leaf surface (Eds. Preece. T. F. and Dickinson 1971) . 447 - 455 .

Hudson. H. J. (1986) . Fungal biology. II. Fungi as decomposers of leaves. pp. 57 - 83 . Edward Arnold (Pub.) . London.

Hudson. H. J. and J. Webster (1958) : Succession of fungi on decayin stems of *Agropyron repens* . Trans. Br. mycol. Soc.. 41 : 165 - 177 .

Huguelet. J. E. and R. L. Kiesling (1973) . Influence of inoculm composition on the black point disease of durum wheat. Phytopathology. 63 : 1220 - 1225 .

Hyde. H. A. and D. A. Williams (1953) . The incidence of *Cladosporium herbarum* in the outdoor of Cardiff. 1949 - 1950. Tarns Br. mycol. Soc., 36 : 260 - 266 .

Joffe. A. Z. (1963) . The mycoflora of a continously cropped soil in Israel with special reference to effects of manuring and fertilizing. Mycologia 55 : 271 - 282.

Kamal and C. S. Singh (1970) . Succession of fungi on decaying leaves of some pteridophytes. Ann. Inst. Pasteur. 119 : 468 -.482 .

Kerling. L. C. P. (1958) . De microflora op het Blad van *Beta vulgaris*. Tijdschrift over Plantenziekten. 64 : 402 - 410 .

Kern. H. and S. Naff-Roth (1965) . Zur Bildung phytotoxischer Farbstoffe durch *Fusarien* der Gruppe Martiella. Phytopath. Z : 53 : 45 .

Khayria. A. (1978) . Studies on the phyllosphere and the phylloplane mycoflora of some plants. M. Sc. Thesis. Bot. Dept. Faculty of Science. Assiut University. Egypt.

Klug. M. J. and A. J. Markovetz (1971) . Utilization of aliphatic hydrocarbons by micro-organisms. Adv. microb. Physiol.. 5 : 1 - 39 .

Korpradiskul. V. (1981) . Effect of herbicides on rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzger.) . phyllosphere micro-organisms and *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm under laboratory. greenhouse and field conditions. Dissertation Gottingen.

Kuthubutheen. A. J. and G. J. F. Pugh (1978) . Effect of fungicides on phsiology of phylloplane fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 71 (2) : 261 - 269 .

Last. F. T. (1955 a) . Seasonal incidence of *Sporobolomyces* on cereal leaves. Trans. Br. Mycol. Soc.. 38 : 221 - 239 .

Last. F. T. (1955 b) . Spore content of air within and above mildew infected cereal crops. Trans. Br. mycol. Soc.. 38 : 453 - 464 .

Leben. C. (1971) . The bud in relation to the epiphytic microflora. In T. T. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of leaf surface microorganisms. pp. 117 - 127 . Academic Press. London.

Lindsey. B. I. (1976) . A survey of methods used in the study of microfungal succession of leaf surfaces In : Microbiology of erial plant surfaces (Ed. C. H. Dickinson and T. F. Preece) . Academic press. London. 217 - 222 .

Macauley. B. J. and L. B. Thrower (1966) . Succession of fungi in leaf litter of *Eucalyptus regans*. Trans. Br. mycol. Soc.. 49 : 509 - 520 .

Malone. J. P. and A. E. Muskett (1964) . Seed-borne fungi. Proc. Int. Seed Testing Assoc.. 29 : 179 - 384 .

Manners. J. G. (1971) . Spore formation by certain pathogens in infected leaves. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of leaf surface microorganisms. pp. 339 - 352 . Academic Press. London.

Mappes. C. J. and M. Hampel (1977) . Yield responses of winter barley to late fungicide treatments. Proc. Br. Conf. Pest and Diseases. 49 - 55 .

Mc Coy. R. E. and A. W. Dimock (1971) . A scotch tape method for the trapping and examination of airborne spores. Pl. Dis. Report. 55 : 832 - 834 .

Menna. M. E. Di (1959) . Yeasts from the leaves of pasture plants. N. Z. J. Agric Res. 2 : 394 - 405 .

Menna. M. E. Di (1971) . The mycoflora of leaves of pasture plants in New Zealand In : T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 159 - 174. Academic Press. London.

Mishra. R. R. and R. P. Tewari (1979) . Studies on phyllosphere microflora effect of antibiotics and fungicides on leaf surface fungi and bacteria. Acta Botanica India. 7 : 57 - 63 .

Mitchell. C. A. (1968) . M. Sc. Thesis. cornell Univ. Ithaca. N. Y.

Moore. K. and P. Lovell (1970) . Chlorophyll content and the pattern of yellowing in senescent leaves. Annals of Botany. 34 : 1097 .

Moubasher, A. H. and A. F. Moustafa (1974) . Air-borne fungi at Assiut, Egypt. The Egyptian Journal of Botany, 17 : 135 - 149 .

Moubasher, A. H. ; M. A. Elnaghy and H. M. Abd El-Fattah (1971) . Citrus plantation fungi in upper Egypt. Trans. Br. mycol. Soc., 57 (2) : 289 - 294 .

Moustafa, A. E. (1971) . Studies on Egyptian fungi in soil and air. Ph. D. Thesis. Bot Dept. Faculty of Science. Assiut Univ. Egypt.

Moustafa, A. E. and S. M. Kamel (1976) . A study of fungal spore population in the atmosphere of Kuwait. Mycopathologia, 59 : 29 - 35 .

Mowll, J. L. and G. M. Gadd (1984) . Cadmium uptake by *Aureobasidium pullulons* . Journal of General Microbiology . 130 : 279 - 284 .

Mowll, J. L. and G. M. Gadd (1985) . Effect of vehicular lead pollution on phylloplane mycoflora. Trans. Br. mycol. Soc., 84 (4): 685 - 689 .

Pace, M. A. and R. Compbell (1974) . The effect of saprophytes on infection of leaves of *Brassica* spp. by *Alternaria brassicicola*. Trans. Br. mycol. Soc., 63 : 193 - 196 .

Pady, S. M. and L. Kapica (1956) . Fungi in air masses over Montreal during 1950 - 1951 . Canadian Journal of Botany, 34 : 1 - 15 .

Parbery, I. H. ; J. F. Brown and V. J. Bofinger (1981) . Statistical methods in the analysis of phylloplane populations. In Microbial ecology of the phylloplane (Ed. Blakeman, J. P.) Academic Press - New York. 47 - 65 .

Pawsey, R. G. and L. A. Heath (1964) . An investigation of the spore population of the air at Nottingham. I. The results of petri-dish trapping over one year. Trans. Br. mycol. Soc., 47 : 351 - 355 .

Petrini, O. ; E. Muller and M. Luginbuhl (1979) . Pilze als Endophyten von grunen Pflanzen . Naturwissenschaften, 66 : 262 - 263 .

Phaff, H. J. (1971) . Structure and biosynthesis of the yeast cell envelope. In the yeasts, Vol. II. Physiology and biochemistry of yeasts (Ed. Rose, A. H. and J. S. Harrison) . Academic Press. London - New York, 135 - 210 .

Pierson, C. F. (1966) . Effect of temperature on the growth of *Rhizopus stolonifer* on peaches and on agar. Phytopathology, 56 : 276 - 278 .

Potter, M. C. (1910) . Bacteria in their relation to plant pathology. Trans. Br. mycol. Soc., 3 : 150 - 168 .

Pugh, G. J. F. and N. G. Buckley (1971) . *Aureobasidium pullulans* . An endophyte in sycamore and other trees. Trans. Br. mycol. Soc., 57 (2) : 227 - 231 .

Pugh, G. J. F. and N. G. Buckley (1977) . The leaf surface as a substrate for colonization by fungi. In : Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . Academic Press. London - New York, 1977, 431 - 446 .

Raafat, A. ; M. A. Ahmed and S. H. El-Deeb (1988) . Effect of nitrogen fertilization, micronutrients and CCC on the surface microbial balance of wheat flag leaf and its mineral composition in relation to yield and disease infection. Pproc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo, III : 83 .

Rai. B and D. B. Singh (1980) . Antagonistic activity of some leaf surface microfungi aginst *Alternaria brassicae* and *Drechslera graminea* . Trans. Br. mycol. Soc. 75 (3) : 363 - 369 .

Richards. M. (1956) . A census of mould spores in the air over Britain in 1952 Trans. Br. mycol. Soc.. 39 : 431 - 441 .

Robinson. R. K. (1967) . Ecology of the fungi. English Universities Press. (Modern Biology Series) . London .

Ruinen. J. (1961) . The phyllosphere. I. An ecologically negleted milieu. Plant and Soil. 15 : 81 - 109 .

Ruinen. J. (1966) . The Phyllosphers. II. Cuticle decompsition by micro-organisms in the phyllosphere. Annals del Inste Pasteur. Paris 111 : 342 - 346 .

Ruinen. J. (1970) . The phyllosphere. V. The grass sheath. a habitat for nitrogen fixing microorganisms. Pl. Soil. 33 : 661 - 671 .

Ruscoe. Q. W. (1971) : Mycoflora of living and dead leaves of *Nothofaqus truncata* . Trans. Br. mycol. Soc.. 56 (3) : 463 - 474 .

Saad. S. I. (1958) . Studies in atmospheric pollen grains and fungus pores at Alexandria. II. Pollen and spore deposition in relation to weather conditions and diurnal variation in the incidence of pollen. Egypt. J. Bot.. 1 : 63 - 79 .

Saunders. P. J. W. (1966) . The toxicity of sulphur dioxide to *Diplocarpon rosae* Wolf. causing blakspot of roses. Ann. appl. Biol. 58 : 103 - 114 .

Sharma. K. R. and K. G. Mukerji (1972) . Succession of fungi on cotton leaves. Ann. Inst. Pasteur 112 : 425 - 454 .

Sharma. K. R. and K. G. Mukerji (1973) . Microbial colonization of aerial Parts of plants. A review. Acta phytopathologica Academica Scientiarum. Hungaricae. 8 (3 - 4) : 430 .

Siddaramaiah. A. L. ; S. Kulkarni and S. A. Hosamani (1979) . A new leaf spot disease of buck wheat in India. Current Science. 48 - 317 .

Siu. R. G. H. (1951) . Microbial decomposition of cellulose. Rhinehalt Publ. Corp.. New York .

Skidmore. A. M. (1976) . Interactions in relation to biological control of plant pathogens (In Microbiology of Aerial Plant Surfaces. C. H. Dickinson and T. F. Preece. Eds.) pp. 507 - 528 Academic Press. London.

Skidmore. A. M and C. H. Dickinson (1973) . Effect of phylloplane fungi on the senescence of excised barley leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 60 (1) : 107 - 116 .

Sparrow. F. K. ; J. R. (1960) . Aquatic phycomycetes. Univ. of Michigan. Ann Arbor.

Sreeramulu. T. and V. Seshavataram (1962) . Spore content of air over paddy fields. I Changes in a field near Pentapadu from 21 September to 31 December 1957 . Indian Phytopath.. 15 : 61 - 74 .

Stavely. J. R. ; G. W. Pittarelli and G. B. Lucas (1971) . Reaction of *Nicotiana* species to *Alternaria alternata* . Phytopathology. 61 : 541 - 545 .

Stocking, G. R. (1956) . Guttation and bleeding. Handb. Pf1. Physiol., 3 : 489 - 502 .

Stott, M. A. . (1971) . Studies on the physiology of some leaf saprophytes. In Ecology of leaf surface micro-organisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . 203 - 210 .

Sutton, O. G. (1953) . Micrometerology. Mc. Graw Hill, New York .

Sykes, G. and F. A. Skinner (1973) . Actinomycetales , characteristics and practical importance, published for the society for Applied Bacteriology by Academic Press. London and New York, 243 - 245 .

Tedders, W. L. and J. S. Smith (1976) . Shading effect on Peacan by sooty mould growth. J. Econ. Ent., 69 : 551 - 553 .

Togashi, K. (1949) . Biological characters of plant pathogens temperature relations. Meikundo, Tokyo .

Torras, M. A. C. ; J. G. Artigas ; G. S. Fernandez and C. Romirez (1980 a) . Air-borne fungi in Barcelona city (Spain) . A two-year study (1976 - 1978) . Mycopathologia, 71 : 89 - 93 .

Torras, M. A. C. ; J. G. Artigas, G. S. Fernandez and C. Romirez (1980b) . Air-borne fungi in the air of Barcelona city (Spain) . 4. Various isolated genra. Mycopathologia, 71 : 119 - 123 .

Tsao, P. H. (1970) . Selective media for isolation of pathogenic fungi. Ann. Rev. Phytopath. 8 : 157 - 186 .

Tubaki, K. and T. Yokoyama (1971) . The fungal flora developing on sterilized leaves placed in the litter of Japanese forests. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 457 - 461 . Academic Press. London .

Tukey H. B. (1971) . Leaching of substances from plants. In. Ecology of Leaf Surface (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . 1971 , 67 - 80 .

Turner, P. D. (1966) . The fungal air spora of Hong Kong as detemined by the agar plate method. Trans. Br. mycol. Soc. 49 : 255 - 267 .

Tyagi, U. K. and S. K. Chauhan (1984) . Age and cultivars of Chili *Capsicum annuum* in relation to phylloplane mycoflora and leaf exudates. Biol. Abst., 78 (12) : 10152 - 90506 .

Valadon, L. R. G. and E. Lodge (1970) . Auxin and other compounds of *Cladosporiun herbarum* . Trans. Br. mycol. Soc., 55 (1) : 9 - 15 .

Warren, R. C. (1972) . The effect of pollen on the fungal leaf microflora of *Beta vulgaris* L. and on infection of leaves by *Phoma betae* . Netherlands Journal of Plant Pathology, 78 : 89 - 98 .

Warren, R. C. (1973) . Green space of air population control. Tech. Rep. (50) - School of Forestry Res., North Carolina .

Webster, J. and N. J. Dix (1960) . Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. Trans. Brit. mycol. Soc. 43 : 85 - 99 .

Wilson, A. R. (1960) . Rep. Scot. Hort. Res. Inst. 1959 - 60, 54 - 59 .

Yadav, A. S. and M. F. Madelin (1968) . The ecology of microfungi on decaying of *Urtica dioica*. Trans. Br. mycol Soc. 51 : 249 - 259 .

Yoshida, T. (1976) . Biological nitrogen fixation in the biosphere. FAO/SIDA-Workshop on organic materials as fertilizers in Asia. 20 Oct. - 5 Nov. 1976 .

Zaky, M. K. (1960) . Studies on the dessimination of pollen grains and spores the Cairo area. M. Sc. Thesis, Cairo University.

Zwatz, B. (1976) . Getreideschwarze - Starkes Auftreten. Der Pflanzenarzt. 29 : 103 - 104 .

الباب السادس



فطريات الروث

الباب السادس
فطريات الروث
Coprophilous Fungi

مقدمة :

يعتبر روث الحيوانات الاكلة العشب مادةً عضوية غنية صالحة لنمو عددٍ كبيرٍ من الفطريات التى تجد فيه بيئة مناسبة لنموها وتكاثرها . ويحتوى الروث على البقايا غير المهضومة من الأعشاب التى تتغذى عليها هذه الحيوانات ، وكذلك الحال فى زرق الطيور ، وقطيرات براز بعض مفصليات الأرجل والحيوانات الأخرى اللافقارية .

وتوجد – عادةً – فى الروث كميات عالية نسبياً من المواد الكربوهيدراتية القابلة للاستفادة بواسطة هذه الفطريات ، موجودة فى صورة مواد عضويةٍ قابلةٍ للذوبان فى الماء، بالإضافة إلى هيميسليلوز، وأيضاً مواد غير ذائبةٍ؛ مثل السيليلوز واللجنين.

ويحتوى الروث على نسبةٍ عاليةٍ من النتروجين ، قد تصل إلى أعلى من ٤٪ ، معظمه ناتج من تحلل الأعداد الضخمة من العشائر البكتيرية والبروتوزوا خلال مراحل الهضم . ويعتبر الروث غنيًا فى محتواه من الفيتامينات والأملاح المعدنية والمواد المشجعة للنمو growth factors ؛ التى يتم تخليقها بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى القناة الهضمية لهذه الحيوانات .

وتتوقف طبيعة الروث على مراحل هضم الحيوان لغذائه من الأعشاب ، الذى يؤثر فى العشائر الميكروبية الموجودة فى قناته الهضمية ويتأثر بها . فعلى سبيل المثال ، تنتج الأبقار – وغيرها من الحيوانات المجترة – روثا مهضوما هضما جيدا ، يتميز بألياف القصيرة المتحللة ، بينما تعتبر الخيول أقل كفاءة فى نظامها الهضمى ؛ حيث تنتج روثا ذا ألياف طويلة خشنة ، وتنتج الأرانب كتلا صغيرةً من البراز ذات

محتوى مائى قليل نسبيا ، وكلما قل المحتوى المائى للروث ، تخلله الهواء بسهولة ؛ حيث تعمل وفرة الأكسوجين على تنفس هيفات الفطر داخل كتل الروث وزيادة نموها .

وللروث قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء ، ولكن هذه القدرة تقل مع الوقت ، وقد تصل قدرة احتفاظ الروث بالماء إلى أكثر من ٧٠٠ ٪ من وزنه الجاف ، بينما يصل رقم حموضة الروث إلى أعلى من ٦,٥ ؛ أى إنه يميل قليلا إلى الحموضة .

وبالنسبة إلى التركيب الطبيعى للروث، فهو يتركب من ألياف قصيرة من متخلفات هضم الأعشاب المستخدمة فى تغذية الحيوان ، مغمورة فى مادة مخاطية لزجة ، هذا بالإضافة إلى كمية لا بأس بها من كرات الدم الحمراء التالفة والعصارات الهاضمة ؛ مثل عصارة المرارة .

وعلى ذلك يعتبر روث هذه الحيوانات مادة عضوية شديدة التخصص ، وعالية التعقيد ، وهى مناسبة لنمو بعض الفطريات دون الأخرى . فعلى سبيل المثال ، يوجد فى الروث مركب عضوى حديدى organo-iron compound عبارة عن عامل نمو يسمى كوبروجين coprogen ، يتخصص فى تشجيع نمو هيفات الفطر *Coprinus* وتكوين أعضائه التكاثرية (الأكياس الإسبورانجية sporangia) ؛ حيث يتم تخليق هذا المركب بواسطة بعض الأكتينوميسيتات والبكتيريا والفطريات الموجودة فى الروث .

وتضم فطريات الروث Coprophilous (Fimicolous) Fungi أفرادا من جميع المجاميع الرئيسية الفطرية ، فيما عدا الماستيجومايكوتات Mastigomycotina . ويتعاقب ظهور هذه الفطريات على الروث فتحلله ؛ وذلك عند وجوده فى مكان رطب جيد الإضاءة والتهوية . وتظهر التراكيب الجرثومية الرائعة لهذه الفطريات التى استطاعت أن تؤقلم نفسها للنمو والتكاثر على هذه البيئة الخاصة . ويوضح جدول (٦ – ١) المجاميع الرئيسية من فطريات الروث وأهم الأجناس التابعة لها .

ولقد تناول كثير من الباحثين دراسة فطريات الروث dung fungi ؛ وذلك من ناحية طريقة نموها وتتابع ظهورها ، والعلاقات الحيوية بين أنواعها المختلفة كالتضاد antagonism والتضافر synergism ، وأيضا مدى تخصصها فى النمو على روث الحيوانات المختلفة وتأقلمها على هذه البيئة المتخصصة .

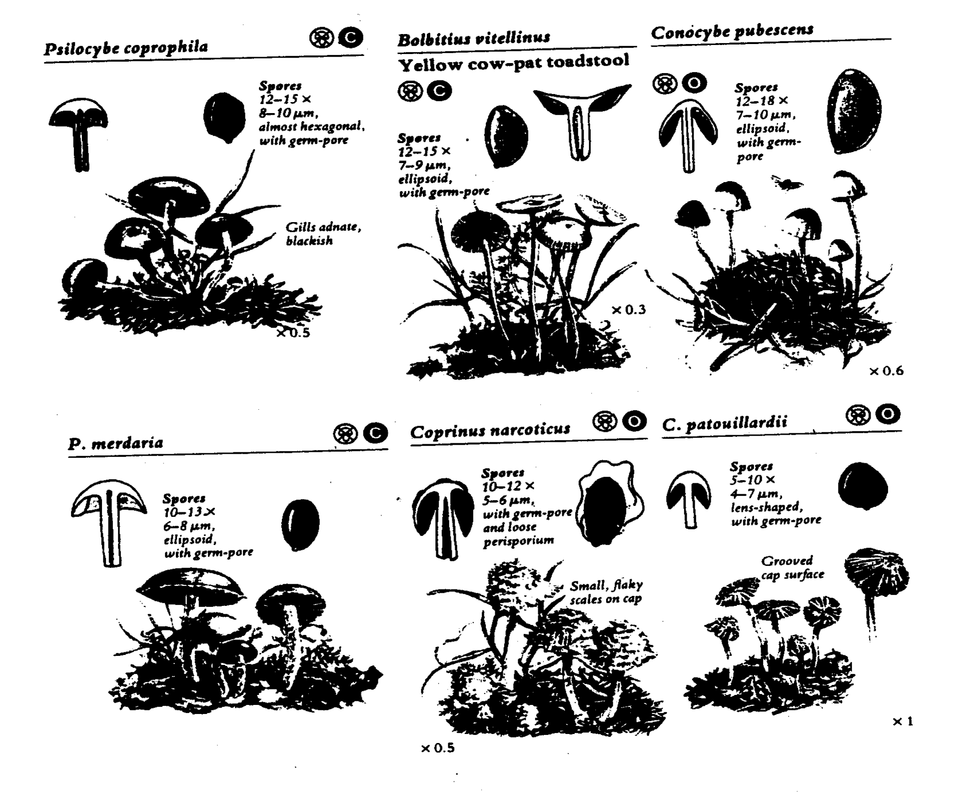
ويمكن دراسة هذه الفطريات بسهولة فى المعمل . ويعتبر روث أى حيوان عشبى مناسبا لإجراء مثل هذه الدراسة ؛ مثل روث الخيل ، أو كتل براز الأغنام

أو الأرانـــب . وتكفى كميات صغيرة من هذا الـــروث لـــدراسة مثل هذه الفطريات ، ولكن يجـــب أن يكون الروث طازجا وكاملا ؛ حيث يوضع فى إناء زجـــاجى فـــوق ورق ترشـــيح رطب ، وتفحص النموات الفطرية يومـــيا باستعمال عدســـة مكـــبرة أو مجهر .

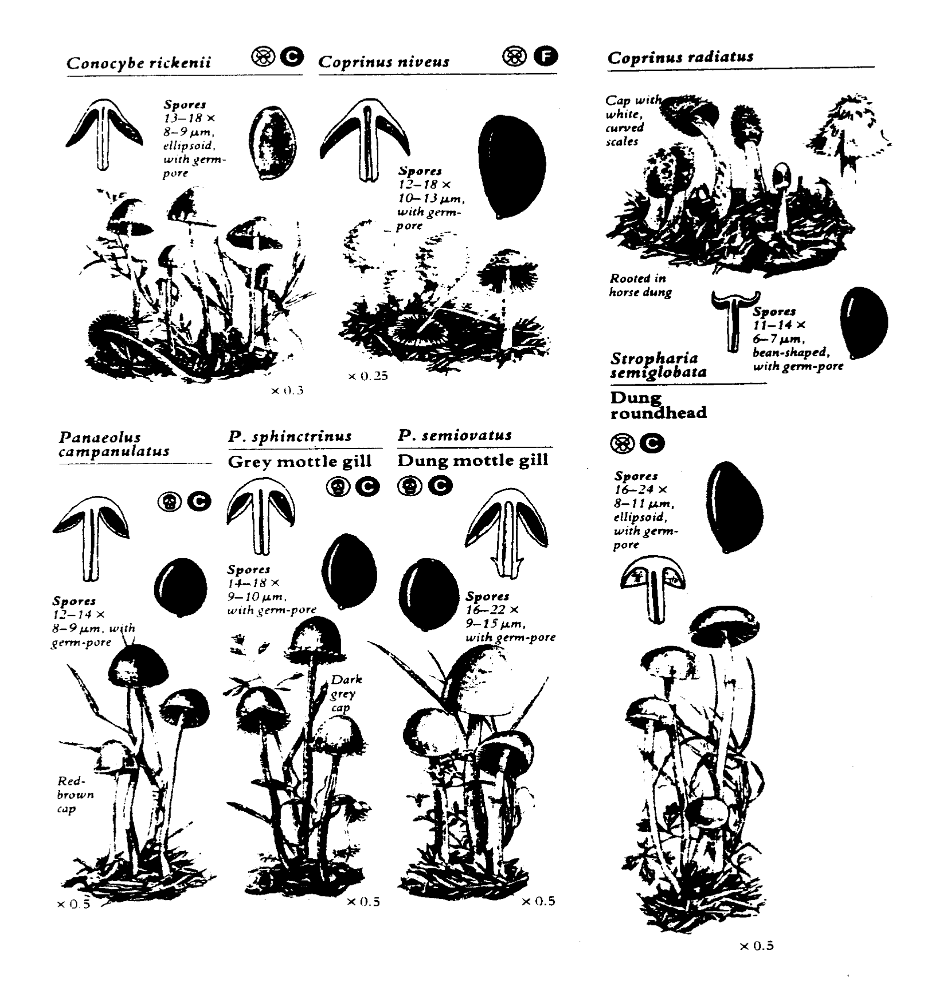
جدول (٦ - ١) : أهـم الأجـــناس الـــتابعـة لفطـــريـــات الـــــروث ، ووضعهـــا التقسيمى. (عن Dix & Webster. 1995) .

الطائفة Class	الرتب التابعة لها Orders	أهم الأجناس Genera
١ - طائفـــــة الفطريات الزيجيـــة Zygomycetes	Mucorales	*Mucor . Phycomyces. Pilaira . Pilobolus Utharomyces. Chaetocladium. Piptocephalis. Syncephalis. Kickxella*
٢ - طائفـــــة الفطريات الأســـكية Ascomycetes	1. Pezizales	*Ascobolus. Iodophanus. Cheilymenia Coprobia . Lasiobolus. Ryparobius. Saccobolus. Thelebolus .*
	2. Sphaeriales	*Chaetomium. Coniochaeta Hypocopra. Lasiosordaria. Podospora. Poronia. Sordaria.*
	3. Pleosporales	*Delitschia . Trichodelitschia Sporomiella .*
	4. Microascales	*Viennotidia (Sphaeoraemella) .*
٣ - طائفـــــة الفطريات البازيديـــة Basidiomycetes	Agaricales	*Bolbitius . Conocybe. Coprinus . Panaeolus Psathyrella . Psilocybe . Stropharia .*
	Nidulariales	*Sphaerobolus . Cyathus .*
٤ - طائفـــــة الفطريات الناقصـــة Deuteromycetes	Moniliales	*Stilbella . Arthrobotrys*

ويبدأ ظهور الأطوار الجرثومية لهذه الفطريات بعد فترة تحضين قصـــيرة ؛ حيـــث يشاهد عالم رحب ملئ بالأشكال المختلفة والتراكيب الرائعة لفطريات جعلت من هـــذه البيئة موطنا لها ، ولا تعرف لنفسها موطنا آخر . ويستخدم لتعريف هـــذه الفطريـــات مفتاح وضعه الباحثان (1968 . 1969) Richardson & Watling ، وهو مازال مفيدا حتى الآن للتعرف على الأنواع المختلفة من هذه الفطريات .



شكل (٦ – ١) : بعض فطريات عيش الغراب النامية على الروث .



شكل (٦ - ٢) : بعض فطريات عيش الغراب النامية على الروث .

أولا - تأقلم فطريات الروث مع بيئتها :

تختلف هذه الفطريات فيما بينها من الناحية التقسيمية اختلافا كبيرا ، ولكن يجمعها أنها استطاعت – بمهارة فائقة – التأقلم مع الحياة فى هذه البيئة الخاصة ، مغيرة فى تراكيبها الفطرية وسلوكها العام ؛ بحيث يمكنها استكمال دورة حياتها بنجاح تحت هذه الظروف الصعبة التى لا يمكن لفطريات أخرى غيرها البقاء فيها .

فهذه الفطريات تقذف جراثيمها بقوة ، مستخدمة اليات مختلفة لتحقيق هذه الغاية . ويصل قذف الجراثيم إلى مسافات بعيدة نسبيا ، قد تصل إلى أربعة أمتار بعيدا عن المادة التى تنمو عليها الحوامل الجرثومية .

ولا يتم قذف هذه الجراثيم عشوائيا ، بل تقذف دائما ناحية مصدر الضوء ؛ حيث إن حوامل هذه الفطريات تنتحى ضوئيا phototropic ؛ وبذلك تجد الجراثيم الفطرية طريقها نحو التحرر ، مصطدمة بعد ذلك بما يحيط بها من نباتات وأعشاب تلتصق بها هذه الجراثيم .

وتتميز الحوامل الجرثومية لعديد من فطريات الروث بقدرتها الفائقة على الانتحاء الضوئى ؛ مثال ذلك الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus* ، وفى قمم الأكياس الأسكية التى تطلق جراثيمها الأسكية بقوة كما فى الجنس *Ascobolus* ، وأيضا فى سيقان أعناق الأجسام الثمرية الدورقية للفطر *Podospora* ، وكذلك فى سيقان الأجسام الثمرية البازيدية لفطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* .

وتحتوى القذيفة التى تطلقها بعض فطريات الروث بعيدا فى الهواء على عديد من الجراثيم ، ففى فطر قاذف القبعة *Pilobolus* يقذف الفطر الكيس الأسبورانجى كله بقوة ، بينما فى الجنسين *Ascobolus* و *Podospora* يقذف الكيس الأسكى ثمانية جراثيم أسكية دفعة واحدة ، بما يشبه البندقية الالية . ويختلف حجم القذيفة الفطرية تبعا لنوعها ؛ فالأكياس الأسبورانجية كبيرة الحجم عادة ، بينما حجم الجراثيم الأسكية صغير نسبيا ، وكلما قلت حجم القذيفة انخفضت مقاومة الهواء وزادت مسافة قذفها فى الهواء .

وتتميز هذه القذائف الفطرية بلزوجة سطحها ، أو وجود بعض التراكيب الفطرية

اللزجة عليها ؛ حيث يساعدها ذلك على الالتصاق بسرعة بالأجسام الصلبة التى تحيط بها بمجرد الارتطام . وفى الطبيعة تلتصق هذه الوحدات الفطرية بأوراق وسيقان النباتات والأعشاب من حولها ؛ حيث يمكنها البقاء لفترات طويلة محتفظة بحيويتها ، وصامدة فى مكانها حتى تحت ظروف الأمطار الشديدة .

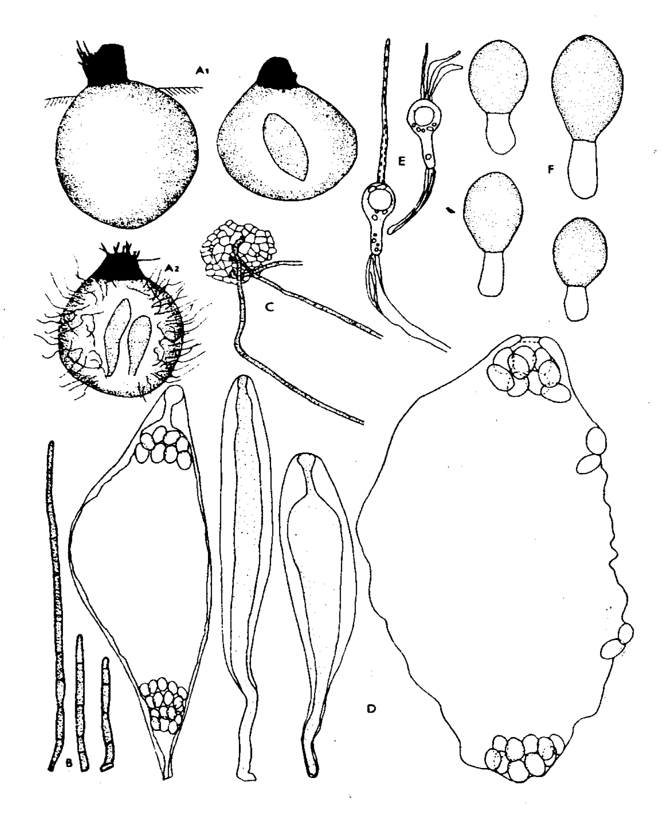
وعادة ما تكون جراثيم هذه الفطريات داكنة اللون ؛ فعلى سبيل المثال تتميز الجراثيم البازيدية للفطريات التابعة لرتبة الأجاريكالات – التى تنمو على روث الحيوانات العشبية مثل الفطر *Coprinus* – بلونها الأسود الداكن ، وكذلك الحال فى الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus* السوداء اللون .

وتعمل هذه الألوان الداكنة على حماية بروتوبلازم الجراثيم من الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية ؛ وبذلك تبقى هذه الجراثيم على قيد الحياة لفترات طويلة تحت ظروف الإضاءة الشديدة خلال التصاقها بسطوح أوراق وسيقان الأعشاب بعد انطلاقها.

وتبتلع الحيوانات الاكلة العشب هذه الوحدات الفطرية خلال تناولها غذاءها ، إلا أن تركيب هذه الوحدات الفطرية – سواء الأكياس الأسبورانجية ، أم الجراثيم – يجعلها تتحمل العصارة الهضمية القوية لهذه الحيوانات خلال مرورها فى قناتها الهضمية ، فى الوقت الذى تهضم فيه جراثيم الفطريات الأخرى ، أو على الأقل تفقد حيويتها .

وفى بعض فطريات الروث ، تكون جراثيمها ساكنة بعد انطلاقها والتصاقها بأسطح النباتات ، فإذا تناولها حيوان عشبى ، فإنها تخرج من طور السكون بعد مرورها بالقناة الهضمية للحيوان وتعرضها لعصارته الهضمية القوية . وتنبت هذه الجراثيم داخل القناة الهضمية للحيوان ، ويستكمل الفطر نموه بعد ذلك على الروث ، وتسمى مثل هذه الفطريات " فطريات الروث الداخلية "endocoprophilous fungi (Larsen, 1971).

وتجد فطريات الروث جميع احتياجاتها الغذائية داخله ، بالإضافة إلى كثير من الفيتامينات والأملاح المعدنية والمواد المشجعة للنمو والتجرثم ، التى يتم تخليقها بفعل عديد من عشائر الأحياء الدقيقة الأخرى التى تعيش فى الروث . ويناسب المحتوى المائى ورقم الحموضة ونسبة الأكسوجين – وغير ذلك من ظروف بيئية – نمو ونشاط هذه الفطريات التى أقلمت نفسها على النمو فى هذه البيئة المتخصصة إلى أبعد الحدود .



شكل (٦ - ٣) : الفطر *Podospora granulostriata* . عن (Yao & Spooner. 1995) .

A1. A2 = أجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia .

B = شعيرة

C = خلايا طبقة القشرة وهيفا سطحية .

D = أكياس أسكية (يحتوى الكيس الأسكى على ٥١٢ جرثومة أسكية).

E = جرثومة أسكية حديثة .

ثانيا ـ دراسة فطريات الروث :

تعتبر دراسة هذه الفطريات من السهولة بمكان ؛ حيث تجمع كتل روث الحيوانات اكلة العشب المتوفرة فى مكان الدراسة (مثل : الأبقار ، والخيل) ، وكذلك كرات براز الحيوانات الصغيرة (مثل : الماعز ، والأغنام ، وأيضا الأرانب) . ويمكن دراسة هذه الفطريات على زرق الدواجن، وكذلك زرق الطيور الأخرى سواء الداجنة أم البرية كالحمام والعصافير ، بل تشمل مثل هذه الدراسات قطرات براز الحشرات والديدان والحيوانات مفصليات الأرجل وغيرها من الكائنات الحية الأخرى الاكلات العشب .

وتظهر فطريات الروث فى الطبيعة فى المناطق التى تعيش فيها هذه الحيوانات ، خاصة فى الأماكن الرطبة الجيدة الإضاءة والتهوية ، حيث تنمو هيفات الفطر على الروث الحديث مكونة تراكيب جرثومية رائعة الجمال بديعة التكوين ، تظهر فى تتابع دقيق لا يخطئ ، وفى مهارة يحسدها عليها غيرها من الكائنات الحية الأخرى بما فيهم الإنسان .

ويمكن دراسة هذه الفطريات أيضا فى المعمل ؛ وذلك بأخذ عينات من الروث أو كرات براز هذه الأحياء أكلات العشب فى أكياس من البولى إثيلين . ويجب أن تكون هذه العينات طازجة وكاملة . وتوضع عينات الروث فى أطباق زجاجية مناسبة مرتفعة الحافة ، ذات أغطية زجاجية غير محكمة ؛ حتى تسمح للهواء بالدخول وتوفير الأكسوجين اللازم لتنفس الفطريات النامية .

ويوضع فى قاع الطبق الزجاجى ورق ترشيح مبلل بقليل من الماء ، ثم توضع به عينة الروث المراد دراستها ؛ بحيث تكون فى منتصف الطبق وبعيدة عن حوافه بمسافة كافية ، ويجب استعمال أطباق زجاجية كبيرة الحجم عند دراسة عينات الروث الكبيرة ، مثل تلك التى يتم الحصول عليها من الأبقار والخيل والجمال وغيرها .

ويجب أن تكون كمية الرطوبة الموجودة فى الروث مناسبة ، فإذا انخفضت يتم رش قليل من الماء على عينات الروث المراد دراستها ، ويمكن رش هذه العينات مرة واحدة يوميا باستعمال رشاشة ماء صغيرة ، على أن يراعى أن تكون قطرات الماء دقيقة .

ويوضع الطبق الزجاجي المحتوى على عينة الروث المراد دراستها في مكان دافئ، وتكفي درجة حرارة الغرفة (٢٠ - ٢٥°م) لذلك . كما يجب ان يكون المكان مضاءً إضاءة كافية ، ويفضل أن تكون الإضاءة من مصدر جانبي ؛ حتى يمكن دراسة الانتحاء الضوئي للتراكيب الجرثومية . ويتبع - عادة - وضع هذه الأطباق الزجاجية بجوار نافذة المعمل ، حيث الضوء الكافي ، والحرارة المناسبة .

وتظهر النموات الهيفية لفطريات الروث بعد فترة تتراوح بين يوم ويومين من التحضين ، وبعد ذلك بأيام قليلة يبدأ ظهور التراكيب الجرثومية في تتابع دقيق يبدأ بالفطريات غير الراقية ، وينتهي بأرقى الفطريات قاطبة ، وهي الفطريات البازيدية . وهكذا تحكي فطريات الروث - في نموها وتتابعها - قصة تطورها في مشاهد حية رائعة توفر للدارسين فرصة نادرة للبحث ؛ قلما تجود الطبيعة بها .

ويمكن مشاهدة الأجسام الثمرية الكبيرة التي تكونها بعض الفطريات بالعين المجردة؛ مثال ذلك الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب ذي القبعة الحبرية *Coprinus* ، بينما يلزم فحص الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة باستعمال عدسة مكبرة . وفي حالات أخرى يجب الفحص الميكروسكوبي للتراكيب الجرثومية للتعرف على تركيبها الدقيق .

وتختلف مجموعة فطريات الروث من حيوان إلى اخر ، كما تلعب طبيعة تغذية الحيوان والظروف البيئية التي يعيش فيها ودرجة حرارة تحضين الروث وغير ذلك من العوامل دوراً كبيراً في ظهور هذه الفطريات وتتابعها . ويلاحظ أن كتل البراز الصغيرة الخاصة بالحيوانات العشبية صغيرة الحجم كالأرانب ، لا تظهر عليها الأجسام الثمرية كبيرة الحجم ؛ مثل فطريات عيش الغراب .

وبالإضافة إلى الفطريات الحقيقية Eumycota التي سبقت الإشارة إليها ، فإنه تظهر على الروث فطريات لزجة Myxomycota ؛ مثل الفطر *Dictyostelium* التابع للأكرازيوميسيتات Acrasiomycetes ، وفطريات العفن الشبكية Myxomycetes .

وهناك أكثر من ٢٠ جنساً تتبع الفطريات الهلامية اللزجة ، تنمو على الروث بعد تحلله ، وهي تتغذى على بقايا النموات الميكروبية الأخرى وتحللها (Eliasson & Lundqvist, 1979) .

ثالثا ـ تتابع فطريات الروث :

ناقش كثير من الباحثين أمثال (Lodha (1974 و (Webster (1970 تتابع ظهور التراكيب الجرثومية لفطريات الروث ؛ وذلك عند تحضين روث أحد الحيوانات اكلات العشب المناسبة ؛ مثل الأرانب المنزلية أو البرية أو الماشية أو الأيائل أو الخيول وغيرها ، ووضعها فى وعاء زجاجى على حافة النافذة ، ثم مراقبة الفطريات التى تظهر متتابعة .

وتنبت جراثيم فطريات الروث – عادة – أثناء وجودها فى القناة الهضمية للحيوان ، ولكن لا تستكمل نمواتها الهيفية ؛ نظرا لانخفاض مستوى الأكسوجين ؛ فإذا ما قذف الحيوان روثه على سطح الأرض ، نشط نمو هذه الفطريات فى استكمال نموها الهيفى.

ويبدأ ظهور التراكيب الجرثومية بعد حوالى يومين ؛ حيث يبدأ العرض الحيوى بالحوامل الأسبورانجية للفطريات التابعة لطائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes رتبة الميوكورات Mucorales ، ممثلة فى الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، ثم يتبع ذلك بيومين ظهور الحوامل الأسبورانجية للجنسين *Pilaira* ، و *Pilobolus* .

وتتميز الحوامل الأسبورانجية للفطر *Pilobolus* – المعروف باسم قاذف القبعة the cap thrower – بأنها تنحنى ناحية الضوء phototropic response ، قاذفة أكياسها الأسبورانجية فى اتجاه مصدر الضوء لمسافة تزيد على مترين . وتلتصق هذه الأكياس بما يحيط بالروث من أعشاب برية فى الطبيعة .

وقد تبقى هذه الفطريات الزيجية على مسرح الأحداث مدة تتراوح بين ١٠ إلى ١٤ يوما ثم تختفى عن الأنظار تدريجيا . بعد ذلك تظهر بعض الفطريات الأخرى التابعة لرتبة الميوكورات ، ولكنها فطريات متطفلة على هيفات الفطريات الزيجية السابقة . ومن أهم أجناس هذه الفطريات المتطفلة : *Piptocephalis* ، و *Chaetocladium* (شكلى ٦ – ٤ و ٦ – ٥) .

وتعمل الفطريات المتطفلة السابقة على مهاجمة ميسليوم الفطريات الزيجية النامية فى المرحلة الأولى من نمو فطريات الروث ؛ حيث تكون ممصات تخترق هيفات هذه الفطريات وحواملها الأسبورانجية وتتغذى عليها ؛ وبذلك تقضى على نمو الفطريات

الزيجية بفطريات من نفس طائفتها ، ويختفى تدريجيا وجود هذه الفطريات ؛ تمهيدا لظهور المرحلة الثانية .

وفى بعض الحالات ، تظهر أنواع من الفطريات الأسكية Ascomycetes مبكرة فى سلسلة التتابع الفطرى ؛ حيث يمكن ملاحظة وجود أجسام ثمرية أسكية مفتوحة apothecia للفطر *Rhyparobius dubius* ، وذلك بعد حوالى أربعة أيام ، إلا أنه من المعتاد ظهور هذه الأجسام الثمرية بعد حوالى عشرة أيام من بداية التحضين .

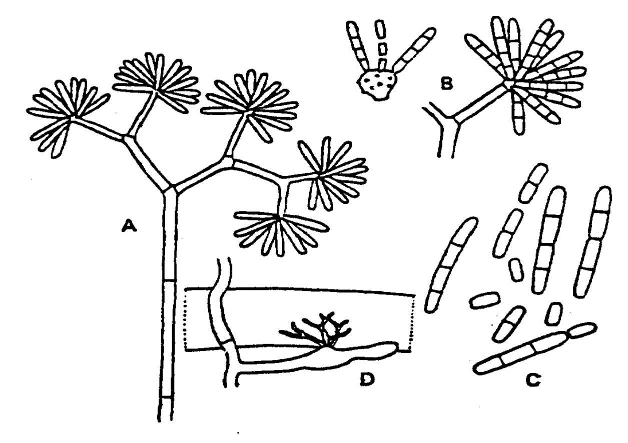
ومن فطريات الروث الأسكية النموذجية الأخرى المكونة للأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة (apothecia) الأجناس : *Cheilymenia* ، و *Coprobia* ، و *Ascobolus* ، و *Saccobolus* ، و *Lasiobolus* ، و *Thelebolus* .

ويلى ظهور الفطريات السابقة ، فطريات أسكية أخرى مكونة للأجسام الثمرية الدورقية perithecia التى تتبع تحت طائفة Pyrenomycetes ؛ مثال ذلك الأجناس: *Sporomiella* ، و *Coniochaeta* ، و *Delitschia* ، و *Podospora* ، و *Sordaria* ؛ حيث تقذف هذه الفطريات جراثيمها الأسكية بقوة .

ومن الفطريات الأسكية الأخرى المكونة لأجسام ثمرية دورقية الجنسين : *Chaetomium* ، و *Viennotidia* ؛ وهى تتميز بعدم قذف جراثيمها الأسكية بقوة ، ولكنها تتحرر سلبيا . ويلى ذلك ظهور فطريات تكون أجسام ثمرية أسكية كاذبة pseudothecia ؛ مثال ذلك : الجنس *Sporormia* .

وتميل الفطريات الأسكية المكونة لأجسام ثمرية أسكية مفتوحة apothecia إلى الظهور مبكرة قبل تلك الفطريات المكونة لأجسام ثمرية أسكية دورقية الشكل perithecia ؛ حيث تبقى الفطريات الأخيرة مدة أطول على الروث قد تصل إلى عدة أسابيع .

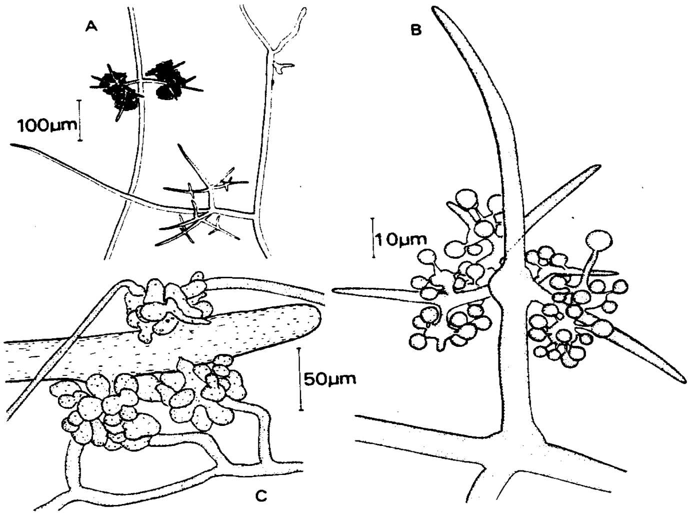
وعند استمرار تحضين عينات الروث - تحت الدراسة - إلى مدة أكثر من ١٤ - ٣٠ يوما ، تظهر أعداد من الأجسام الثمرية البازيدية لفطريات عيش غراب تتبع رتبة الأجاريكالات Agaricales ، مثال ذلك الأجناس *Coprinus* و *Stropharia* و *Panaeolus* ، بينما تظهر فطريات بازيدية أخرى عند وجود الروث فى الطبيعة ؛ مثل الأجناس *Psilocybe* و *Psathyrella* و *Conocybe* و *Bolbitius*، ولا تظهر هذه الفطريات على الروث المحضن فى المعمل .



شكل (٦ - ٤) : الفطر *Piptocephalis virlniana* .
A - حامل كونيدى (إسبورانجى) . B - انتفاخ يحمل جراثيم .
C - سلاسل من الجراثيم التى تتجزأ . D - ممص للفطر المتطفل داخل ميسيليوم فطر عائل ، غالبا من رتبة الميوكورات .

ويرجع ظهور الفطريات السابقة فى الطبيعة - فقط - إلى أنها ليست من فطريات الروث الحقيقية ، ولكنها تنتقل إلى الروث عن طريق ملامسته لسطح التربة ، أو عن طريق انتقال جراثيمها بالهواء إلى الروث ، ولكنها - على أية حال - تجد فى الروث بيئة صالحة للنمو وتكوين التراكيب الجرثومية .

وتظهر بعض الفطريات التابعة لطائفة الفطريات الناقصة Deuteromycetes بعد ذلك على الروث ؛ مثال ذلك الفطر *Stilbella erythrocephala* . ويكون هذا الفطر ضفيرة كونيدية synemmata ذات لون قرمزى ، تحمل على قمتها جراثيم لاصقة . وينمو هذا الفطر - عادة - على روث الأبقار وكرات براز الأرانب البرية .



شكل (٦ – ٥) : الفطر *Chaetocladium brefeldii* .

A = فـريعـات هيفية تنتـهى بنتـوءات مسـتدقة spines ، تحمـل أكيـاس أسبورانجية صغيرة جانبيا (Sporangiola) .

B = فرع هيفى يوضح تركيـب النتـوء المسـتدق والأكيـاس الأسـبورانجية الصغيرة.

C = هيفا الفطـر *Pilaira anomala* تحيـط بـها أعـضاء التصـاق الفطـــر المتطفل *C. brefeldii* والتى تشبه المثانـة - bladder like outgrowths قبل مرحلة الاختراق مباشرة .

ومن الفطريات الناقصة الأخرى الشائع وجودها على الـروث الطـور الكونيـدى *Oedocephalum* ؛ وهو الطور الناقص للفطر الأسـكى *Iodophanus carneus* ذى الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة الدقيقة الحجم والملونة باللون الأحمر الداكن .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تنمو على الروث بعض الفطريات الأخرى التـى تتطفـل خارجـيا على النيماتـودا؛ مـثال ذلك الأنـواع التابعـة للجنسـين *Arthrobotrys* و *Monacrosporium* . وتظهر هذه الفطريات بصفة خاصة على الروث الموجود فى ظروف رطوبة عالية ؛ حـيث تساعد هذه الرطوبـة علـى زيـادة أعـداد العشـائر النيماتودية فيه .

وقد يظهر – أيضا – على الروث بعض الفطريات الناقصة المتطفلة على بيض النيماتودا ويرقاتها ؛ مثال ذلك الفطر *Rhopalomyces elegans* ؛ حيث يتطفل هذا الفطر أيضا على الأطوار الكاملة للنيماتودا ، وخاصة عند وجود الروث لفترة طويلة على سطح الأرض تحت ظروف عالية الرطوبة (Barron, 1977) .

ويمكن التحكم فى الأنواع الفطرية وتتابعها على الروث ؛ وذلك عن طريق تغيير ظروف التحضين ، وخاصة درجة الحرارة ، والمحتوى المائى للروث . ولقد درس الباحثان (1974) Wicklow & Moore تتابع ظهور هذه الفطريات على كتل براز الأرانب المرباة فى المعمل – والتى تمت تغذيتها على البرسيم الحجارى – حيث تم تحضين العينات على ثلاث درجات حرارة ؛ هى : ١٠°م ، ٢٤°م ، ٣٥°م .

ولقد أظهرت نتائج الدراسة السابقة اختلاف الفطريات المتكونة على كتل براز الأرانب باختلاف درجات الحرارة ؛ فعند التحضين على حرارة ١٠°م ظهر الفطران الأسكيان : *Thelebolus* spp. و *Sporormiella intermedia* ، بينما لم يشاهد هذان الفطران على درجات الحرارة الأخرى المرتفعة . ويعنى ذلك أن هذه الفطريات تفضل الحرارة المنخفضة لنموها وتجرثمها .

وفى دراسةٍ أخرى ، لاحظ الباحثان (1971) Wicklow & Malloch وجود الفطر *Thelebolus* sp. فى أونتاريو Ontario بكندا تحت ظروف انخفاض الحرارة ؛ حيث تقع درجة الحرارة المثلى لنمو هذا الفطر بين ١٥°م و ٢٠°م ، وعند انخفاض درجة الحرارة يستمر الفطر فى النمو حتى عند صفر °م ، بينما يثبط نمو الفطر إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٥°م . وهذا يفسر عدم ظهور هذا الفطر على نفس عينات براز الأرانب التى تم تحضينها عند ٢٤°م و ٣٥°م .

وعند تحضين عينات براز الأرانب السابقة عند حرارة ٢٤°م ، ظهرت مجموعة أخرى من الفطريات الأسكية مثل : *Podospora curvicolla* ، و *Ascodesmis nigricans* ، و *Coprotus granuliformis* .

كما يؤثر المحتوى المائى على أنواع الفطريات النامية على الروث وتتابعها ، ففى دراسةٍ قام بها الباحثان (1986 a,b) Kuthubtheen & Webster تم الحصول على عينات من كتل براز الأرانب البرية من حقل مغمور بالماء ؛ حيث كان المحتوى المائى لهذه الكتل البرازية يتراوح بين ٨١ ٪ و ١٠٠ ٪ . وأوضحت النتائج أن بعض

الفطريات ظهرت على الروث ذى المحتوى العالى من الرطوبة (١٠٠ ٪) ؛ مثـل : الفطر *Pilobolus crystallinus* المعروف باسم قاذف القبعة ، بينمـا ظـهر الفطـر *Pilaira anomala* فى عينات الروث ذات المحتوى الأقل من الرطوبة (٨١ ٪) .

ويرتبط ظهور بعض فطريات الروث بالمحتوى العالى من الرطوبـة ، وبارتفـاع الرطوبة النسبية حولها ؛ مثال ذلك بعض الفطريات الأسكية ؛ مثل : الفطر *Coprotus granuliformis* ، والفطـر *Saccobolus versicolor* ، والفطـر *Podospora vesticola* ، وكذلك بعض الفطريات البازيدية ؛ مثـل : الفطـر *Coprinus miser* ، والفطر *C. stercoreus* .

ومن ناحية أخرى لا تتأثر فطريات الروث التابعة لطائفة الفطريات الناقصة كثـيرا بالمحتوى المائى لعينات الروث ؛ فعلى سبيل المثال يمكن لبعض هذه الفطريات تكوين جراثيمها على الروث الجاف ؛ مثل : الفطر *Stilbella erythrocephala* ، بالإضافـة إلى عديد من الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* .

إلا أن المحتوى المائى يلعب دورا مهما فى قدرة تنافس فطريات الروث بعضها مع بعض ؛ مثال ذلك : فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* ؛ الذى يحتـاج إلـى مستوى عال دن الرطوبة لكى يكون أكياسه الأسبورانجية ، فـإذا انخفـض المحتـوى المائى للروث ، فإنه لا يستطيع منافسة الفطريات الأخرى ويفشل فى التجرثم .

وعند دراسة قدرة الفطر السابق على تكوين الأكياس الأسبورانجية على كتل بـراز الأرانب السابق تعقيمها ثم حقنها بجراثيم الفطـر ، وجد أن فطـر قاذف القبعة يمكنـه تكوين أكياسه الأسبورانجية حتى عند انخفاض المحتوى المائى لكتل البراز إلى ٨٠ ٪، ولكن فى غياب منافسة فطريات الروث الأخرى .

وفى وجود هذه الفطريات المنافسة ، تنخفض قدرة فطر قاذف القبعة علـى تكويـن أكياسه الأسبورانجية ؛ حتى عند ارتفاع المحتوى المائى لعينات براز الأرانب تحـت الدراسة إلى ١٠٠ ٪ ، وهذا يدل على أن التنافس على الماء يعتبر عاملا حاسما يتحكم فى قدرة الفطر *Pilobolus crystallinus* على التجرثم .

ويؤثر المحتوى المائى للروث – أيضا – علىَ قدرة جراثيم الفطريات على الإنبات، وأيضا على معدل النمو الميسليومى ؛ ففى دراسة قام بها الباحثان Kuthubutheen & Webster (1986 b) ، تم اختبار إنبات جراثيم بعض فطريات الروث على بيئة أجار

الروث المضاف إليها الجليسرول ، فوجدا أن نسبة الإنبات تقل بانخفاض الضغط المائى للبيئة المحتوية على الجليسرول بالمقارنة بالبيئة الخالية منه ، وأيضا يقل معدل تكوين أنابيب الإنبات ومعدل النمو الطولى للهيفات .

وفى دراسةٍ أخرى مشابهةٍ على روث الأبقار قام بها الباحثان Dickinson & Underhay (1977) لدراسة تأثير المحتوى المائى للروث على نمو وتجرثم فطريات الروث ، وُجد أن المحتوى المائى لروث الأبقار الطازج مرتفع للغاية ؛ حيث تتراوح بين ٤٠٠٪ و ٧٠٠٪ من المادة الجافة . وفى مثل هذه الحالات يصعب وصول الأكسوجين إلى داخل الروث ؛ مما يقلل من نمو ميسليوم فطريات الروث فى المراحل الأولى داخله .

وعند خفض هذا المحتوى المائى العالى إلى ١٥٧٪ من المادة الجافة ، بدأت هيفات الفطريات فى النشاط والنمو ، حيث تتابع ظهور التراكيب الجرثومية ؛ وذلك عند تحضين عينة الروث على درجة حرارة ١٨°م فى وجود رطوبةٍ نسبيةٍ ١٠٠٪ .

وفى دراساتٍ أخرى ، تمت تنمية بعض فطريات الروث على بيئاتٍ غذائيةٍ مختلفةٍ فى ضغطها المائى ؛ حيث أمكن التحكم فى ذلك عن طريق إضافة مانيتول أو كلوريد صوديوم إلى البيئة خلال تجهيزها . ولقد أظهرت النتائج أن ارتفاع الضغط المائى يؤدى إلى سرعة تكوين جراثيم الفطريات *Pilaira anomala* و *Sordaria hamana* (Harrower & Nagy, 1979) . وقد يكون ذلك نوعا من التأقلم ؛ حيث يسرع الفطر فى نموه وتجرثمه خلال فترة توفر الماء ، قبل جفاف الروث .

وتعتبر الأعشاب والنباتات المستخدمة فى تغذية الحيوانات – وكذلك العلف الجاف وغيره – المصادر الرئيسية لفطريات الروث ؛ حيث تنمو على سطوح هذه النباتات عديد من الأحياء الدقيقة التى تجد طريقها إلى القناة الهضمية للحيوان ، فيُهضم بعضها، ويستطيع البعض الآخر الصمود أمام العصارات الهضمية القوية ، ويستمر محتفظا بحيويته حتى يتخلص الحيوان من متبقيات الهضم على صورة روثٍ .

وتوجد هذه الكائنات الحية الدقيقة على صورة تراكيب مختلفة ، بعضها يتحمل الظروف داخل القناة الهضمية للحيوان ، وبعضها يتحلل أو يثبط نموه أو يفقد حيويته ، بينما قد تؤدى هذه الظروف السابقة إلى تشجيع إنبات بعض جراثيم هذه الفطريات وخروجها من طور السكون .

وهناك مصادر أخرى ثانوية لفطريات الـــروث ؛ مثـــل : الـــهواء ، والأمطـــار ، والحشرات ، وبعض الحيوانات الصغيرة ؛ كالحلم ، والنيماتودا ، والأكـــاروس التـــى تنجذب إلى الـــروث لتتغذى عليه . كما تعتبر التربة مصدرا هاما لبعـــض فطريـــات الروث ؛ حيث يعمل تلامس كتل الروث لسطح التربة على نمو بعض فطريات التربـــة على الروث ؛ حيث تجد فيه مادة عضوية خصبة للنمو الميسليومى والتجرثم .

كما تلعب ظروف البيئة حول كتل الروث دورا مؤثرا فى نمو فطريـــات الـــروث وتكوينها لتراكيبها الجرثومية ، وأيضا تعمل هذه الظروف البيئية علـــى تحديـــد تتـــابع ظهور هذه الفطريات على الروث ، وذلك لتأثيرها على طبيعة علاقة هـــذه الفطريـــات بعضها ببعض من تنافس أو تضافر .

رابعا - الفطر *Pilobolus* قاذف القبعة :

إنه أحد أمثلة مشاركة الفطريات لحياة الحيوانات ؛ حيث يجنى هـــذا الفطـــر مـــن مشاركته لبيئة الحيوانات الاكلة العشب فوائد جمة ، بينما تعتبر هذه الحيوانات نـــاقلات سلبية لهذه الفطريات ، لا تضار منها ، ولا تجنى من ورائها فائدة تذكر .

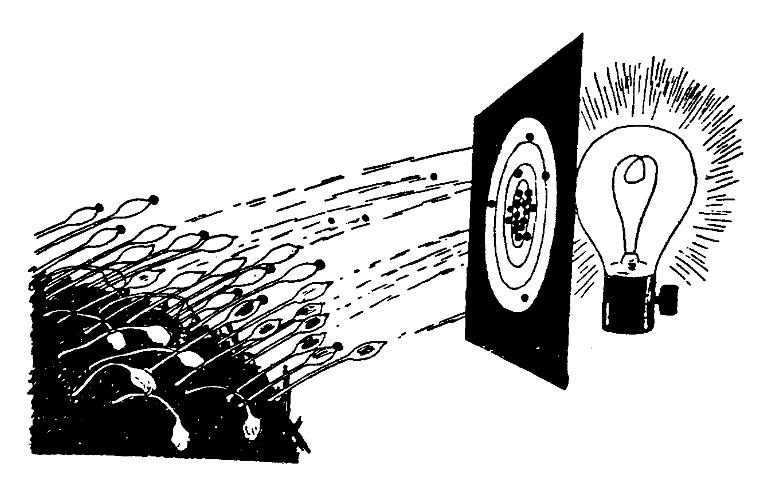
ولكن يلعب هذا الفطر دورا كبيرا فى بيئة الحيوان ، ولكنه خجول ، جم التواضع ، يقوم بهذا الدور دون أن يفصح عن نفسه ، ولكننا يجب أن نجتهد ونحاول التعرف على هذا الفطر ، ونفهم دوره الحيوى الهام فى البيئة من حولنا .

اسم الفطر *Pilobolus* يعنى قاذف القبعة the cap thrower ، وهذا وصف حقيقى لما يقوم به الفطر فى وقت الظهيرة من كل يوم ؛ حيث يقذف أكياســـه الأســـبورانجية sporangia بقوة ناحية مصدر الضوء ، فى حركة استعراضية باهرة ، يستحق عليـــها الثناء والإعجاب .

وربما قليل من المهتمين بدراسة الفطريات ممن أتيحت لهم فرصة مراقبـــة فطـــر قاذف القبعة وهو يقذف بأكياسه الجرثومية فى الهواء ، وما يعقبه من فطريات أخـــرى تظهر على روث الحيوانـــات العشبية فى تتابع مذهل لا يخطئ ؛ فهو جزء يسير مـــن ملكوت الله سبحانه وتعالى ؛ فتبارك الله أحسن الخالقين .

وكل ما يحتاج إليه المرء لدراسة هذا الفطر وغيره من فطريات الروث الأخـــرى ، هو قليل من الفضول العلمى وحب المعرفة ، ثم وعاء زجـــاجى ذو حجـــم مناســـب ،

وروث طازج لحيوان عشبيّ ، وعدسة مكبرة ، وربما مجْهر (ميكروسكوب) لمزيد من الفحص والدراسة .

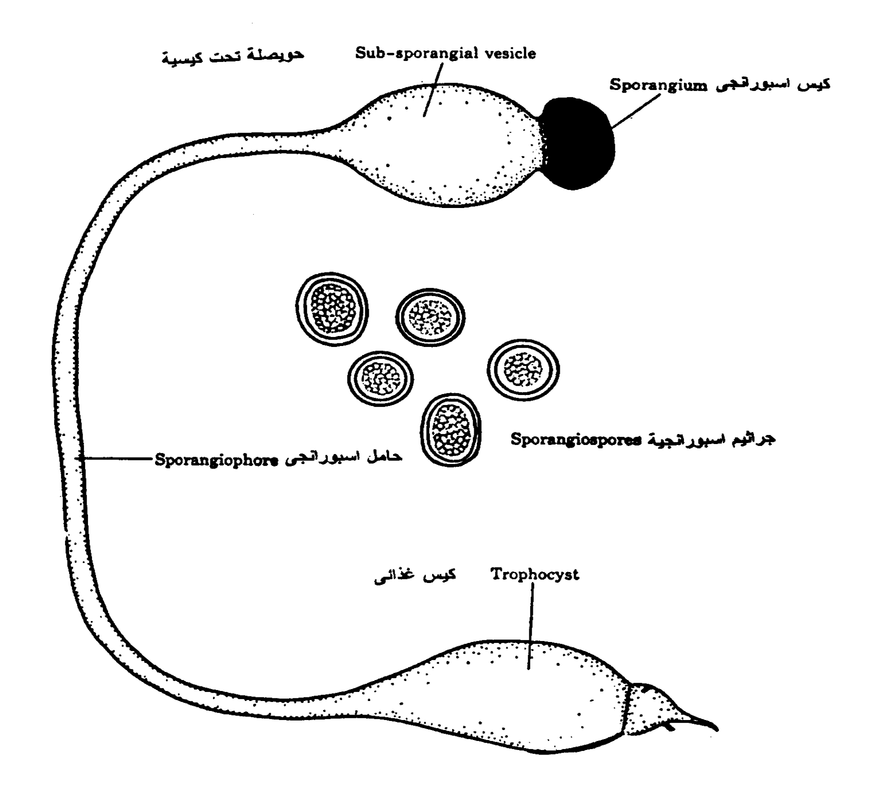


شكل (٦ - ٦) : فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* يقذف أكياسه الأسبورانجية في اتجاه الضوء .

وتجمع عينات الروث طازجة ، كاملة دون تفتيتٍ ، وتوضع في قاع الوعاء الزجاجي بعد تغليفه من الداخل بورقٍ رطبٍ ، ثم يغطى الوعاء بغطاء زجاجي مع ترك جزءٍ صغير دون تغطيةٍ للتهوية ؛ حتى يحصل الفطر على احتياجاته من الأكسوجين ، ولا يتوقف عن النمو والنشاط .

ويوضع الوعاء الزجاجي في مكانٍ دافئٍ جيد الإضاءة ، يفضل أن يكون بجوار نافذةٍ كمصدر جيدٍ للضوء . ويمكن رش الروث بقليلٍ من الماء إن كان جافاً ، ويرش بالماء يوميًا كلما دعت الضرورة إلى ذلك .

وتفحص عينة الروث بعد مرور يومين من بداية التحضين ؛ حيث تظهر تراكيب الفطر الجرثومية خلال أيام قليلةٍ تبعا لدرجة الحرارة . ويفضل أن يبدأ الفحص مبكراً ، في الساعات الأولى من الصباح ؛ ففطر قاذف القبعة نشيط ، يحترم الوقت ، ويحسن استغلاله .



شكل (٦ - ٧) : رسم تخطيطى للحامل الأسبورانجى لفطر قاذف القبعة *Pilobuls longipes* .

ويتكاثر هذا الفطر لاجنسيا بتكوين أكياس أسبورانجية sporangia ؛ تحتوى بداخلها على آلاف من الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores . ويحمل كل كيس أسبورانجى فرديا على قمة حامل أسبورانجى sporangiophore ، يوجد عند قاعدته انتفاخ مغمور فى مادة الروث، يطلق عليه اسم " الكيس الغذائى trophocyst " ، بينما ينتهى الحامل الأسبورانجى عند قمته بانتفاخ آخر ذى شكل كمثرى ، يقع أسفل الكيس الأسبورانجى ، يطلق عليه اسم الحويصلة تحت الكيسية sub-sporangial vesicle .

وتحاط الحويصلة تحت الكيسية بعويمد columella دورقى الشكل ، يختفى تحت جدار الكيس الإسبورانجى . ويأخذ الكيس الأسبورانجى شكلا قرصيا ، وهو أسود اللون أملس ، يحتوى على جراثيم أسبورانجية بيضية الشكل ذات لون أصفر برتقالى (شكل ٦ - ٧) .

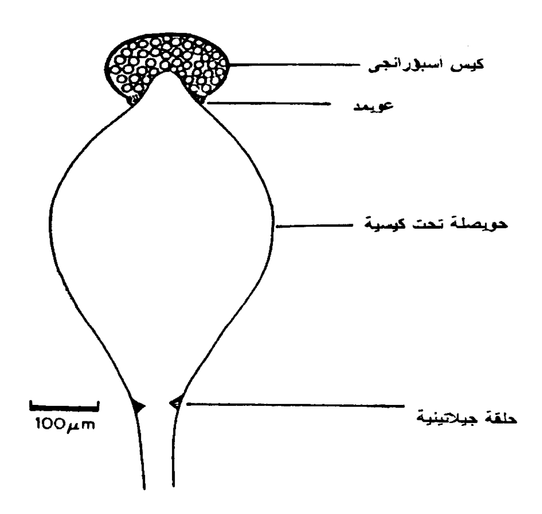
ويوجد حول قاعدة العويمد حلقة شفافة من مادة جيلاتينية ، تقع بين جدار الكيس الأسبورانجى والجراثيم . وعند اتصال الحويصلة تحت الكيسية بالحامل الأسبورانجى ، توجد حلقة من السيتوبلازم تأخذ شكل عدسة محدبة من الوجهين ذات ثقب مركزى (شكل ٦ - ٨) .

وتظهر الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة من الأكياس الغذائية المطمورة فى مادة الروث ؛ حيث تستكمل هذه الحوامل نموها على مدار ساعات اليوم . ففى خلال فترة ما بعد الظهيرة ، تنمو الحوامل الأسبورانجية من الأكياس الغذائية متجهة إلى مصدر الضوء ؛ فإذا ما حل المساء ، استمرت هذه الحوامل فى نموها واستطالتها ؛ حيث تنتفخ أطرافها لتكوين الأكياس الأسبورانجية ، التى تستكمل نموها عند منتصف الليل تقريبا .

وبعد أن يستكمل تكوين الكيس الأسبورانجى ، تنتفخ قمة الحامل الأسبورانجى تحت الكيس الأسبورانجى مباشرة ؛ مكونة حويصلة تحت كيسية sub-sporangial vesicle فى فترة ما بعد منتصف الليل ، ويتم تكوينها فى الصباح الباكر .

ومع الساعات الأولى من الصباح ، تكون عينة الروث مغطاة بمئات من السيقان الرهيفة الشفافة الباسقة ، التى لا يتعدى قطرها نصف ملليمتر ، بينما يصل طولها إلى سنتيمتر واحد أو سنتيمترين . وتتجه هذه الحوامل كلها إلى مصدر الضوء ؛ حيث

إنها موجبة الانتحاء له positively phototropic ؛ شأنها فـــى ذلـــك شـــان النباتـــات الخضـراء .



شكل (٦ - ٨) : رسم تخطيطى لقطاع طولى فـــى فطـر *Pilobolus kleinii* يوضـــح كيســا أسبورانجيا ناضجا يحتوى على آلاف الجراثيم الأســـبورانجية ، والحويصلـــة تحت الكيسية ، والعويمد، والحلقة الجيلاتينية .

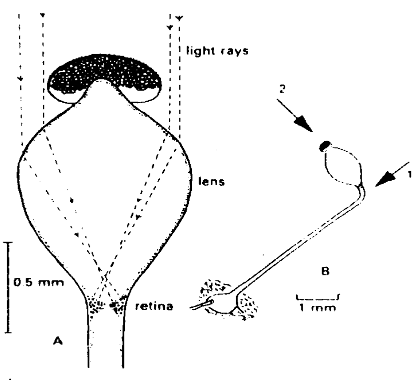
ومن المألوف ان تتجه النباتات الخضراء بنموها ناحية الضوء ، ولكن قليلا منها ما يفعل ذلك بدقة كما يفعل فطر قاذف القبعة . والسر فى ذلك يكمن فى تركيب الحويصلة الموجودة تحت الكيس الأسبورانجى ؛ فهى ليست مجرد انتفاخ عادى ، ولكنـــها ذات تركيب متميز ودقيق لدرجة يصعب تصديقها .

وتعتبر الحوامل الأسبورانجية - حتى بعد تكوين الأكياس الأســبورانجية عليـــها - شديدة الجاذبية للضوء . ويتلون الكيس الغـــذائى trophocyst والحوامل الأسبورانجية باللون الأصفر البرتـــقالى ، ويرجع ذلـــك إلـــى وجـــود محتـــويات كـــاروتينية Carotene content . إلا أن بعض الـــدراسات الحديثة - التى أجريت على اســـتجابة الحوامـــل الأسبورانجية للأطـــوال الموجيـــة المختلفة من الضـــوء - تـــدل علـــى أن

المستقبل الضوئى فى فطر قاذف القبعة يشبه الفلافين Flavin أكثر من شبهه للكاروتين .

وعند سقوط الأشعة الضوئية من جانب واحد على الحامل الأسبورانجى ، فإن الانتفاخ الموجود أسفل الكيس الأسبورانجى يعمل كعدسة مجمعة للضوء ؛ حيث تمر الأشعة الضوئية من خلال الجدار الشفاف للانتفاخ . وتتجمع هذه الأشعة على الجدار المقابل بالقرب من قاعدة الانتفاخ فى منطقة محددة حساسة للضوء light-sensitive region ، يتجمع عندها السيتوبلازم الغنى بالكاروتين carotene - rich cytoplasm ؛ الذى يتوهج باللون البرتقالى عندما يضاء (شكل ٦ - ٩) ، والتى يطلق عليها الشبكية retina .

ويؤدى تركيز الأشعة الضوئية على المنطقة الغنية بالكاروتين (الشبكية) إلى تكوين مواد مشجعة للنمو ، تنتقل إلى الجزء الأسطوانى من الحامل الأسبورانجى أسفل الانتفاخ ؛ فتسرع من نموها ، وينحنى الحامل الأسبورانجى موجها نفسه تجاه مصدر الضوء بحيث يكون هذا الانحناء زاوية مع قاعدة الحامل .



شكل (٦ - ٩) : رسم تخطيطى لقطاع طولى فى الحامل الأسبورانجى للفطر *Pilobolus kleinii* يوضح مسار مرور الأشعة الضوئية من خلال الحويصلة الكيسية ، والتى تعمل كعدسة لامة تجمع الأشعة الضوئية فى منطقة أسفل الحويصلة ؛ مما يعمل على توجيه الحامل الأسبورانجى إلى مصدر الضوء . ويلاحظ أن مصدر الضوء (2) أدى إلى إعادة توجيه الحويصلة الكيسية .

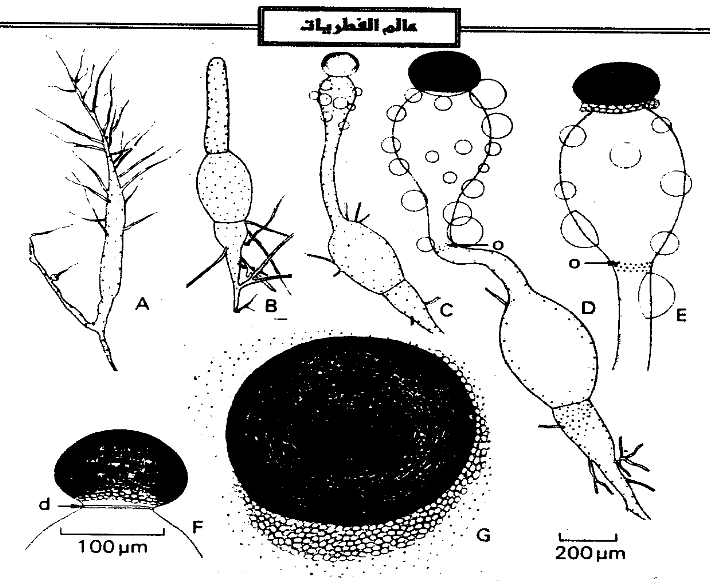
وعند انحناء الحامل الأسبورانجى ، تتحرك المنطقة التى يتجمع عندها الضوء عند جدار الانتفاخ إلى أسفل ؛ بحيث تقع البقعة المضيئة تماما عند الطوق المحتوى على الكاروتين ؛ وبذلك يكون الكيس الأسبورانجى مواجها تماما لمصدر الضوء(شكل ٦ - ٩) .

ويمكن اختبار هذه الآلية العجيبة للتعرف على مدى حساسية الفطر لتغيير مصدر الإضاءة وسرعة استجابته لذلك . فإذا تغير وضع الطبق الزجاجى المحتوى على عينة الروث أمام مصدر الإضاءة (النافذة) بحيث يضاء الجانب الآخر منه - وذلك فى الساعات الأولى من الصباح خلال فترة استطالة الحوامل الأسبورانجية - فإن السيقان سوف تنمو فى شكل متعرج zigzag fashion ؛ مما يدل على أن الفطر يبذل قصارى جهده ، ويسخر مهاراته كلها فى دقة تصويب أكياسه الأسبورانجية تجاه مصدر الضوء فى دقة وبراعة تحسده عليها بقية الفطريات الأخرى ، بل وأيضا سائر الأحياء الراقية .

ويعتبر هذا السلوك العجيب لفطر قاذف القبعة وليد التأقلم على ظروف البيئة الصعبة التى ينمو فيها ؛ فهو أحد فطريات الروث التى تنمو على روث الحيوانات الآكلة العشب ، والتى تلقى روثها على سطح الأرض بين الأعشاب والنباتات البرية ؛ مما يجعل فرصة وصول جراثيم هذا الفطر - وغيره من فطريات الروث - إلى العالم الخارجى متعذرة ؛ فإذا لم ينجح الفطر فى إطلاق جراثيمه ، ظل حبيسا فى هذا المكان الموحش.

وتؤدى آلية قذف الأكياس الأسبورانجية لفطر *Pilobolus* إلى تحررها بعيدا عن موقع روث الحيوان ، وهى ليست آلية عشوائية ، بل هى موجهة توجيها ذكيا محكما؛ حيث نجح الفطر - إلى حد بعيد - فى تجهيز نفسه بأسلوب متقن يتم من خلاله أكياسه الأسبورانجية إلى مصدر الضوء قبل نضجها بوقت كاف ؛ فإذا نضجت أطلقها الفطر متجهة إلى الخارج ، متحررة إلى العالم الواسع .

وفى حوالى الساعة التاسعة والنصف صباحا ، تكون آلاف الأكياس الأسبورانجية (القبعات) السوداء اللون قد نضجت ، وانحنت سيقانها النحيلة ناحية الضوء ، وعندئذ تكون هذه الآلاف من البنادق الفطرية جاهزة للانطلاق (شكل ٦ - ١١) .



شكل (٦ - ١٠) : التكاثر اللاجنسى فى الفطر *Pilobolus kleinii* .

A – تكوين الكيس الغذائى trophocyst وانتفاخه عن طريق تمدد السيتوبلازم الغنى بالكاروتين .

B – الكيس الغذائى يخرج منه حامل أسبورانجى غير تـــام التكويـــن ؛ حيـــث تنجذب قمته إلى مصدر الضوء .

C – كيس غذائى يخرج منه حامل أسبورانجى تام التكوين ؛ حيث تبـــدأ قمـــة الكيس الأسبورانجى فى النضج ، وتصبح داكنة اللون (حوالـــى الســـاعة التاسعة مساء) .

D – كيس أسبورانجـــى فى مرحلة ما قبل التشقق (حـــوالى الساعة التاسعة صباحا) ؛ حيث يشير السهم (عند الحرف o) إلى منطقة السيتـــوبلازم الغنية بالكاروتين ، والتى يطلق عليها اسم ocellus .

E – حامل أسبورانجى يحمل كيسا أسبورانجيا عند مرحلة تشققه بالقرب مـــن قاعدته . لاحظ تمام تكوين الجراثيم الأسبورانجية ، ووجود وســـادة مـــن المادة المخاطية أسفل الكيس الأسبورانجى (حوالـــى الســـاعة ١١,٣٠ صباحا) .

F – كيس أســـبورانجـــى يظهر عـــنـــد قاعـــدتـــــه انـــشقاق للجـــدار الخـــلوى (السهم d).

G – كيس أسبورانجى متحرر ، محاط بالعصير الخلوى الجاف ، بينما توجـــد داخله الجراثيم الأسبورانجية ؛ يمنعها من الخروج الوسادة المخاطية .

وعند هذه المرحلة ، ينشط كل فطر فى تجهيز نفسه لإطلاق قذيفته الوحيدة ، والتى بعدها يضمحل الحامل الأسبورانجى ويتحلل . وتتميز هذه القذيفة (الكيس الأسبورانجى) بأنها سوداء اللون ذات جدار أملس صلب جاف . وعند قاعدة الكيس الأسبورانجى يوجد عويمد دورقى الشكل conical columella ، يفصله عن الكيس الأسبورانجى وسادة لزجة mucilaginous pad .

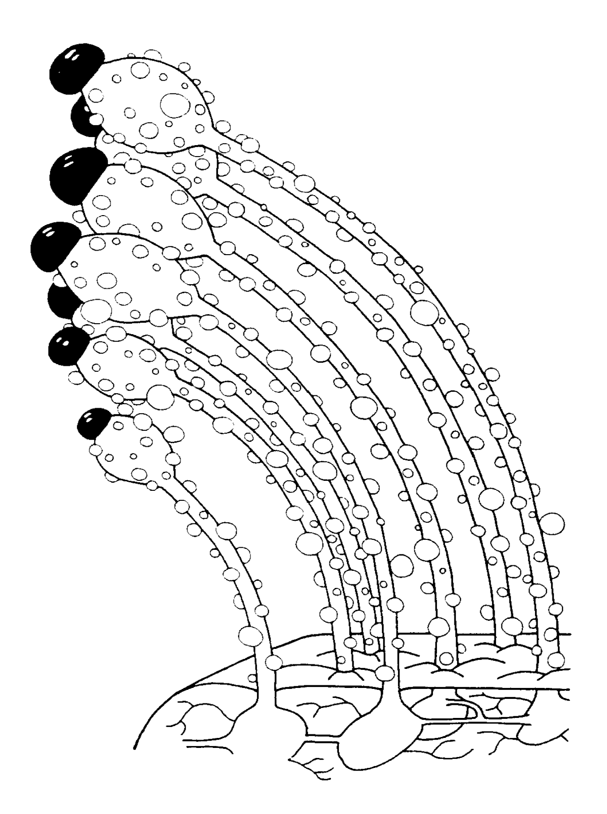
وفى خلال هذه الدقائق الحرجة ، يتشقق الكيس الأسبورانجى عند قاعدته ، فى المنطقة التى تقع أعلى العويمد ، مكونا أخدودا يلف حول هذه المنطقة ويجعلها ضعيفة سهلة الانفصال . ولا تتحرر الجراثيم الأسبورانجية من الكيس فى ذلك الوقت ؛ حيث تمنعها عن ذلك الوسادة اللزجة ، التى تنشأ خلال تشقق جدار قاعدة الكيس الأسبورانجى (شكل ٦ - ١٠ - E) .
وتنتفخ الحويصلة تحت الكيس الأسبورانجى - والتى تعرف باسم الحويصلة التحت كيسية subsporangial vesicle - نتيجة زيادة تركيز العصير الخلوى داخلها ؛ وبذلك يرتفع الضغط الأسموزى . وعندما يصل هذا الضغط إلى مرحلة حرجة - قد تصل إلى حوالى ٥,٥ بار - تنتفخ هذه الحويصلة إلى أقصى حد لها ، يساعدها على ذلك جدارها المرن ، ثم ينشق الجدار الخلوى للكيس الأسبورانجى على طول الأخدود المتكون أسفل العويمد .

ونظرا لشدة مرونة جدار الحويصلة تحت الكيسية ، وزيادة الضغط داخلها ، فإنها تنفجر فجأة - عادة فى وقت الظهيرة - قاذفة محتوياتها السائلة ودافعة الكيس الأسبورانجى بعيدا فى اتجاه مصدر الضوء ؛ وذلك فى صوت مسموع ؛ لذلك يطلق على هذا الفطر أحيانا اسم البندقية الفطرية the fungal shotgun (Alexopoulos, 1962) .

وتوضح آلية قذف الأكياس الأسبورانجية ، أن المحتويات السائلة التى يتم قذفها تأخذ شكلا أسطوانيا فى بادئ الأمر ، ثم تتفتت بعد ذلك إلى قطيرات صغيرة (شكل ٦ - ١١) . ويحمل الكيس الأسبورانجى معه - خلال انطلاقه - قطرة من العصير الخلوى اللزج .

وتختلف سرعة قذف الفطر لأكياسه الأسبورانجية تبعا للأنواع المختلفة ، ففى الفطر *P. kleinii* تتراوح سرعة القذف بين ٤,٧ و ٢٧,٥ متر / ثانية ، والمتوسط العام

١٠,٨ متر / ثانية ، ويمكن أن يصل مدى قذف هذه الأكياس الأسبورانجية الى مترين إذا قذفت رأسيا ، وإلى أكثر من مترين ونصف المتر إذا قذفت أفقيا .

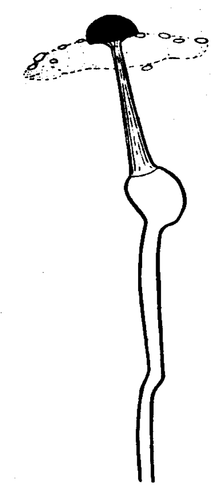


شكل (٦ - ١١) : الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* . لاحظ انحناء الحوامل ناحيـة مصـدر الضوء وتكوين قطيرات من المـاء عليـها قبيـل لحظات من اطلاق الأكياس الأسبورانجية .

وفى الطبيعة ، تتناثر كتل روث الحيوانات الاكلة العشب بين الأعشـــاب والنباتـــات البرية ؛ حيث ينمو عليها فطر قاذف القبعة وغيره من فطريـــات الـــروث الأخـــرى ، ويحاول كل فطر الخروج بجراثيمه من هذا المكان الموحش إلى العالم الخارجى ، لكى ينتشر ويحافظ على نوعه ، إلا أن فطر قاذف القبعة كان أكثر فطريات الروث براعـــة فى ذلك .

ولم تقف براعة فطر قاذف القبعة عند قذف أكياسه الأسبورانجية فقـــط ، ولا فـــى آليتها المحكمة البارعة ، ولكنه يتحكم أيضا فى زاوية ميل قذف هذه الأكيـــاس بحيـــث تكون حوالى ٤٥ درجة . ولا يختار الفطر هذه الزاوية عبثا ، بل هو اختيار ينم عـــن ذكاء بالغ وهبه الله سبحانه وتعالى إياه .

ففى الكليات الحربيـــة ، يتعلم الطلبة أن أفـــضل زاويـــة لإطـــلاق القذائـــف هـــى ٤٥ درجـــة ؛ حيث تصل القذيفة إلى أقصى سرعـــة ، وتصل إلى أبعد مدى ، وهذا ما عرفه فطر قاذف القبعة قبل أن يدرك الإنسان شيئا عن البارود والقذائف .



شكل (٦ - ١١) : رسم تخطيطى يـــوضح مرحلـــة انـــطلاق الكيس الأســـبورانجـــى للفطـــر *P. kleinii* . لاحظ انفجار الحويصلة تحـــت الكيـــس الأســـبورانجى قاذفـــة محتوياتها السائلة ودافعة الكيس الأسبورانجى للأمام ، بينما يحمـــل الكيـــس الأسبورانجى قطرة من العصير الخلوى اللزج معه .

ولاختبار قدرة هذا الفطر ودقته فى قذف أكياسه الأسبورانجية ، فإنه يمكن إجــــراء تجربة بسيطة ؛ وذلك بوضع أسطوانة من الورق المقوى الأسود حول الوعاء الزجاجى المحتوى على عينة الروث تحت الدراسة ؛ بحيث يرفع غطائها الزجاجى ؛ وذلك فـــى الصباح المبكر قبل إطلاق الفطر لأكياسه الأسبورانجية .

ويراعى تغطية قمة الأسطوانة السابقـــة بصحيفة ورقية بيضاء اللـــــون ذات ثقــب قطره حوالى ٥ سنتيمترات فى المنتصف ، يعمل كمصدر للأشعة الضوئية . وبعد فترة تفحص الصحيفة الورقية البيضاء وما التصق بها من أكياس أسبورانجية للفطر .

وحيث إن فطر " قاذف القبعة " يقذف أكياسه الأسبورانجية راسيا إلى مسافة حوالى مترين ، فإنه يمكن استعمال أسطوانـــة ورقية ارتفاعها متران أو أقل قليلا . وتعتبر هذه المسافة فى قذف الأكياس الأسبورانجية رقما قياسيا عالميا يجب تسجيلـــه فى موسوعة " جينز " للأرقام القياسية ، خاصة إذا علمنا أن طول الحامل لا يتعـــدى ســـنتيمترين ؛ وهذا يعنى قذف الفطر لقبعته حـــوالى ١٠٠ ضعف طوله ، وهو يعادل قـــذف إنســـان لقبعته لارتفاع ١٨٠ مترا ؛ أى إلى ارتفاع ناطحة سحاب مكونة من ٦٠ طابقا تقريبا ؛ فهل يستطيع إنسان ذلك ؟! .

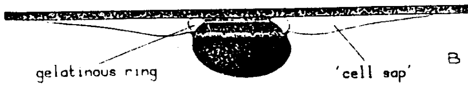
وعلى الرغم من إبداعات الفطر السابقة ، فإنه مازال عنده المزيد ؛ فالقبعـــة التـــى يقذفها الفطر – وهى الكيس الأسبورانجى – ذات تركيب خـــاص يشبـــه الكبســـولة ، وشكلها نصف كروى ، كما أنها مستديرة عند سطحها العلوى ، ومسطحة عند سطحها السفلى .

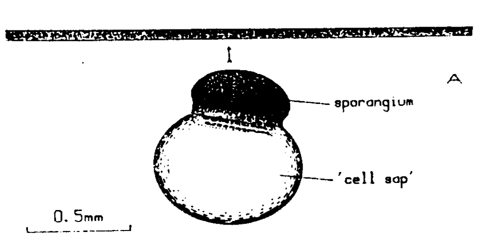
وعند انطلاق الكيس الأسبورانجى للأمام ، يكون السطح العلوى نصـــف الكـــروى مواجها لسطح العائق (الأعشاب المحيطة به فى الطبيعة) الذى سوف يصطدم بـــه . وحيث إن السطح العلوى للكيس الأسبورانجى جـــاف وأملس ، فإن النتيجة المتوقعـــة هى ارتداد الكيس الأسبورانجى بعد اصطدامه بسطح العائق ثم سقوطه مرة أخـــرى ، ولكن هذا لا يحدث فى الحقيقة .

وفى واقع الأمر ، ينطلق مع الكيس الأسبورانجى قطرة من العصير الخلوى اللزج ، ملتصقة بالسطح السفلى المسطح للكيس . وخلال الانطلاق ، يلتف الكيس الأسبورانجى حول نفسه ؛ حتى يصبح السطح السفلى فى مواجهة سطح العائق ويصطدم به ، وهنـــا تكون قطيرة العصير الخلوى اللزج هى أول ما يقابل سطح الاصطدام ؛ فتلتصـــق بـــه

مباشرة وخلفها الكيس الأسبورانجى الثقيل الـوزن نسبيا ؛ مما يزيد من قوة الاصطدام، ويلصقة بسطح العائق بشدة (شكل ٦ – ١٢) .

وحيث إن قطيـرة العصير الخلوى اللزج تحتوى على مادة ناشرة ، فإنها سـرعان ما تنتشر على هيئة طبقة رقيقة على سطح العائق (وهو فى الغالب سـطح النباتـات العشبية فى الطبيعة) . وسرعان ما تجـف هـذه المـادة اللزجـة ، تاركـة الكيـس الاسبورانجى ملتصقا بشدة على سطح النبات ، بحيث تصعب إزالته حتى عند سـقوط الامطار لفترات طويلة .





شكل (٦ – ١٢) : انطلاق الكيس الأسبورانجى للفطـر *Pilobolus kleinii* .
A = الكيس الأسبورانجى ملتصق به قطـيرة مـن العصـير الخلوى اللزج .
B = الكيس الأسبورانجـى بعد اصطدامه بالعائق ، والتصاقه عن طريق طبقة المادة اللزجة بالسطح .

وتعتبر الية الحركة الالتفافية للكيس الأسبورانجى فى الهواء خلال الفترة القصـيرة لقذفه (والتى تقدر بأقل من ٠,١ ثانية) من الأسرار الكامنة فى هذا الفطر الحـاذق . ولولا هذه الحركة الالتفافية البارعـة لاصطدمت الأكيـاس الأسـبورانجية بسـطحها العلوى الجاف بأوراق النباتات العشبية المحيطة بها ، وفشل الفطر فى الالتصاق بها .

وحيث إن الفطر يقذف أكياسه الأسبورانجية فى وقت الظهيرة فى اتجـاه شـروق الشمس ، فإنه يقوم بتوجيه حوامله الأسبورانجية ناحية الشمال الشرقى فـى النصـف الجنوبى من الكرة الأرضية ، وناحية الجنوب الشرقى فى النصف الشمالى منها ، كأنما هو بوصلة حيوية ؛ فأية براعة هذه ؟! .

ويرجع السبب فى الطبيعة الجافة للسطح العلوى للكيس الأسبورانجى إلـــى وجـــود نتوءات على سطحه شوهدت بالميكروسكوب الإليكترونى ، بالإضافـــة إلـــى وجـــود بلورات من املاح أكسالات الكالسيوم على السطح (Birkby & Preece. 1988) .

وبعد التصاق الاكياس الأسبورانجية بسطح النباتات العشبية ، لا تتحـــرر الجراثيـــم الأسبورانجية منها نتيجة التصاق الوســـادة الجيلاتينية بســـطح النبـــات ، ولكـــن يتـــم تحررها عندما يأكل أحد الحيوانات العشبية هذه النباتات ؛ حيث تؤدى عملية الهضم الى تحرر هذه الجراثيم داخل القناة الهضمية للحيوان .

ولا تتأثر حيوية الجراثيم الأسبورانجية المتحررة داخل القنـــاة الهضميـــة للحيـــوان بعصارته الهضمية ، ولا بارتفاع درجة الحـــرارة النســـبى داخلـــها . وتخـــرج هـــذه الجراثيم مع روث الحيوان بعد ذلك وهى نابتة ، حيث تستكمل نموها بعد ذلك .

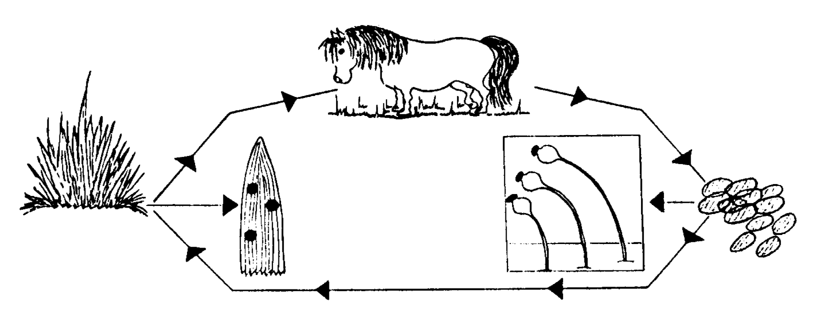
ويظهر فطر قاذف القبعة فى صفاته تأقلما واضحا مع ظروف النمـــو علـــى روث الحيوانات العشبية ، فجراثيمه الأسبورانجية تنبت بطريقة أفضل عند رقـــم حموضـــة أعلى من ٦,٥ ، ويمكن تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات عن طريق معاملتها بمحلول البنكرياتين القاعدى alkaline pencreatin .

وتنمو هيفات الفطر بصورة جيدة عند رقم حموضة ٧ ، ويمكـــن تشجيـــع النمـــو الفطرى على البيئات الصناعية؛ وذلك بإضافة الثيازول thiazole، أو الهيمين hemin ، أو الكوبروجين coprogen . ويعتبر الكوبروجين مركبا حديديا عضويا organo- iron compound ، ينتج بواسطة عديد من الفطريات والبكتيريا الموجودة فى الروث .

وفى النهاية ، فإن فطر قاذف القبعة ذا التركيب البسيط ، والتواضع الجم ، يعطينـــا مثالا جديرا بالاهتمام عن مدى تأقلم الفطريات مع بيئتها ، وكيف استطاعت أن تتغلـــب على مشاكلها الحيوية بدقة ومهارة ، قد تفوق براعة البشر بما لديـــهم مـــن إمكانـــات وقدرات لا حدود لها .

لقد برع هذا الفطر – حقا – فى تحقيق هدفه ، وسلك فى ذلك أسلوبا فريدا بارعا لم يسبقه إليه كائن آخر . وهو بذلك يفتح الباب على مصراعيـــه للدارســـين والبـــاحثين للتنقيب فيما يحيط بنا من قدرات هائلة وهبها الله سبحانه وتعالى لتلك الكائنـــات الحيـــة الدقيقة لنتعلم منها : ماذا تفعل ؟ ولماذا تفعل ؟ وكيف يمكنها ذلك ؟ فإذا تعلمنا منها زاد

إدراكنا لما يحيط بنا من الإبداع الإلهى ، واستفدنا منه فى حياتنا اليومية ، وفــى دفــع عجلـــة التطور والرقى إلى مستقبل أفضل للبشرية جمعاء .



شكل (٦ - ١٣) دورة حياة فطر قاذف القبعة *Pilobolus longipes* .

خامسا ـ فطر *Sphaerobolus* ؛ المدفعية الفطرية :

يعتبر هذا الفطر أحد فطريات الروث التابعة لطائفـــة الفطريـــات البازيديـــة رتبـــة Nidulariales . ويكون هذا الفطر أجساما ثمرية كروية الشكـــل ، برتقاليـــة اللـــون ، يتراوح قطرها بين ٢ ملليمتر و ٢,٥ ملليمتر . وتتكون هذه الأجســـام الثمريـــة علـــى الروث القديم للحيوانات العشبية مثل الأبقار والأغنام .

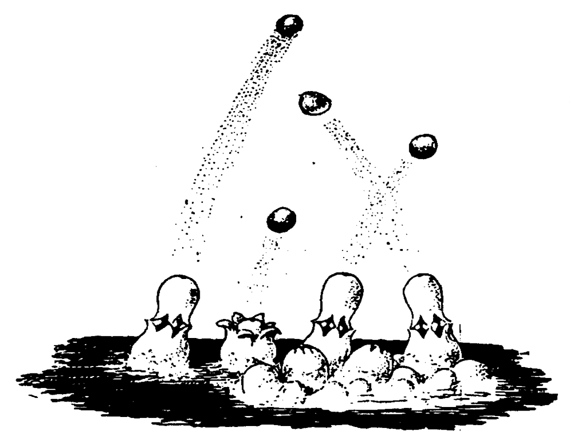
وتتشابه التراكيب الجرثومية لهذا الفطر مع تراكيب فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية الانتحاء الضوئى phototropic response، وقذف الوحدات الجرثومية بقوة فى اتجـــاه مصدر الضوء . وفى الوقت نفسه يختلـــف الفطـــــــران فـــى وقـــت ظهورهما على الروث ، ففطـــر قـــاذف القبعـــة يظهر مبكـــرا ، بعد أيام قليلـــة مـــن قـــذف الـــروث ، بينما تظهر تراكيب فطـــر *Sphaerobolus* على الروث القديم .

وتختلف قدرة قذف الوحدات الجرثومية فى كل من الفطرين ؛ ففى الوقـــت الـــذى يستطيع فيه الفطر *Pilobolus* قذف أكياسه الأسبورانجيـــة الصغيرة – التى لا يتعـــدى قطرها ١٥٠ ميكرونا – إلى مسافة مترين رأسيا أو مترين ونصف المتر أفقيـــا ، فـــإن الفطر *Sphaerobolus* يقذف وحداته الجرثومية – التى يصـــل قطرهـــا إلـــى ١٠٠٠ ميكرون (١ ملليمتر) – إلى مسافة مترين رأسيا أو أربعة أمتار أفقيا .

ولهذا فإن بعض المراجع تصف الفطر *Pilobolus* بانه البندقية الفطريــــة القريبــــة المدى the fungal shotgun ، فى الوقت الذى تصف فيه الفطر *Sphaerobolus* بانــه المدفعية الفطرية the fungus artillery (Alexopoulos, 1962) .

ويلعب الضوء دورا كبيرا فى تكوين التراكيب الجرثومية للفطر *Sphaerobolus* ؛ ففى الوقت الذى تتكون فيه الأجسام الثمرية مطمورة فى مادة الروث ؛ فـــإن فوهاتـــها تظهر على سطح الروث متجهة دائما ناحية مصدر الضـــوء ، قاذفـــة كـــرات اللـــب الخصيب peridiole بقوة وعنف ناحية الضوء ، ويصحب ذلك صوت مسموع يشبـــه دوى المدافع (شكل ٦ - ١٤) .

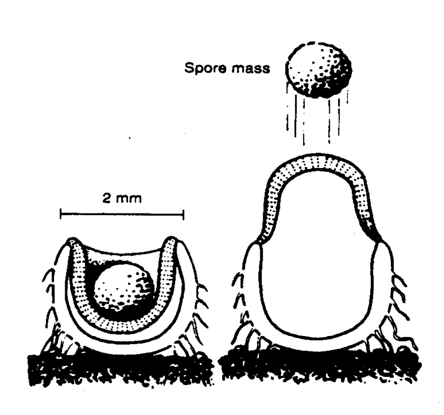
وتتلخص آلية قذف كرات اللب الخصيب فى أن الجراب الثمرى peridium (الذى يتركب من ست طبقات مختلفة) يتمزق عند قمته ، فى الوقـــت الـــذى يتحـــول فيـــه الجليكوجين المخزن إلى سكريات مختزلة . وينتج عن هذا التحـــول زيـــادة الضغــط الاسموزى ، وامتصاص كمية كبيرة من الماء ، فينتفخ الجسم الثمرى بدرجـــة كبـــيرة تؤدى إلى تمدد وانقلاب مفاجئ لطبقة الجراب الثمرى التى تقع أسفل اللب الخصيـــب glebal mass مباشرة (شكل ٦ - ١٥) .



شكل (٦ - ١٤) : الأجسام الثمرية لفطر *Sphaerobolus* (المدفعيـــة الفطريـــة) قاذفـــة كرات اللب الخصيب ناحية مصدر الضوء .

ويؤدى ذلك إلى دفع اللب الخصيب إلى أعلى ، فى انفجار قوى له صوت مسموع؛ بحيث يندفع اللب الخصيب فى الهواء لمسافة بعيدة . ويلتصق اللب الخصيب بما يحيط به من عوائق (مثل الأعشاب والنباتات) التصاقا شديدا ؛ بحيث تصعب إزالته منـــــها حتى تحت ظروف المطر الشديد .

وتحتفظ كرات اللب الخصيب بحيويتها لفترات طويلة ، قد تصل إلى عدة سنوات . وعندما تأكل الحيوانات العشبية هذه النباتات التى يلتصق على سطحها كـــرات اللـــب الخصيب للفطر *Sphaerobolus* ، فإنها لا تتأثر بالعصارات الهاضمة بمعدة الحيوان ، وتعود مرة أخرى إلى الروث لكى تعيد دورة الفطر . ومن أهم الأنواع التابعـــة لفطـــر المدفعية الفطرية الفطر *S. stellatus* الذى تظهر تراكيبه الثمرية على الـــروث القديـــم للأبقار والأغنام .



شكل (٦ – ١٥) : آلية إطلاق كرة اللب الخصيب فى فطر المدفعية الفطريـــة *Sphaerobolus* . يلاحظ انتفاخ الجسم الثمرى قبيل قذف كرة اللب الخصيب ، حيث يؤدى ذلـــك إلى تمدد طبقة الجراب الثمرى وانقلابها فجأة ، قاذفة كرة اللـــب الخصيـــب ناحية مصدر الضوء لمسافة تصل إلى أكثر من مترين .

سادسا ـ الفطر *Basidiobolous* ورحلته العجيبة :

يعتبر الفطر *Basidiobolus ranarum* واحدا من الفطريات القليلة التـــي تتكـــون تراكيبها الجـــرثومية على كتل براز بعض الحيوانات البرمائية ؛ حيث وجـــد أن هـــذا الفطر يتخصص في النمو على براز الضفادع ؛ متخذا دورة حياتية تشمل أكـــثر مـــن كائن حي .

ويتبع هذا الفطر طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes ، رتبة الانتوموفثـــورات Entomophthorales . ويتواجد هذا الفطر في القنـــاة الهضميـــــة للضفـــادع علـــى صورة خلايا كروية كبيرة أو جراثيم يصل قطرها إلى حوالي ٢٠ ميكرونا .

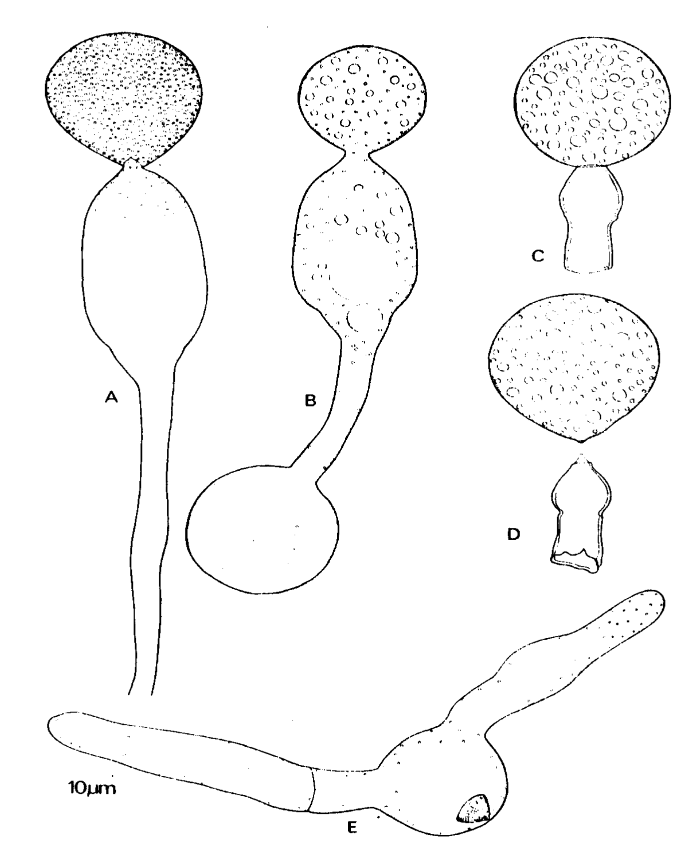
وتنمو هيفات هذا الفطر على كتل براز هذه الحيوانات البرمائية ، ثم تتكون الحوامل الكونيدية بعد ذلك . وتتميز هذه الحوامل بانتحائها ناحية مصدر الضوء phototropic response ؛ مشابهة في ذلك سلوك الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة .

ويحمل الحامل الكونيدي كونيدة واحـــدة على قمته ، تشبه شكل بـــذرة البرتقـــال . وعند تكوين الكونيديات ، تتكون أسفلها حويصلة تحت كونيدية ، فإذا نضجت الكونيـــدة انفجرت الحويصلة ، مطلقة الكونيدة ومعها جزء يسير من العصـــير الخلـــوي خلفـــها لمسافة تتراوح بين ١٠ ملليمترات و ١٢ ملليمترا (شكل ٦ - ١٦) .

وتلتصق الكونيديات بسطوح أوراق الأعشاب البرية ، ثم تصبح بعد ذلـــك طعامـــا للخنـــافس ، إلا أن هذه الكونيديات لا تنبـــت داخـــل قناتـــها الهضميـــة ، ولا تتـــأثر بالعصارات الهضمية ، ويمكن اعتبار حشرات الخنافس في هذه الحالة حـــاملا ســـلبيا لكونيديات الفطر (شكل ٦ - ١٧) .

وسرعان ما تصبح هذه الخنافس طعاما للضفادع ؛ حيث تهضم وتتحرر كونيديـــات الفطر داخل القناة الهضمية للضفادع . وتنشط هذه الكونيديات ، وتنقسم إلى عديد مـــن الخلايا الكروية ، وتخرج مع كتل براز الضفادع ، ثم تنمو بعد ذلـــك مكونـــة هيفـــات فطرية تحمل حوامل كونيدية تعيد دورة الحياة .

وعن طريق هذه الآلية الخاصة فـــي الانتشـــار ، يســـتطيع الفطـــر *B. ranarum* الوصول إلى أماكن بعيدة ، مستفيدا بحركة الخنافس الواسعة وانتقال الضفادع من مكان لآخر .



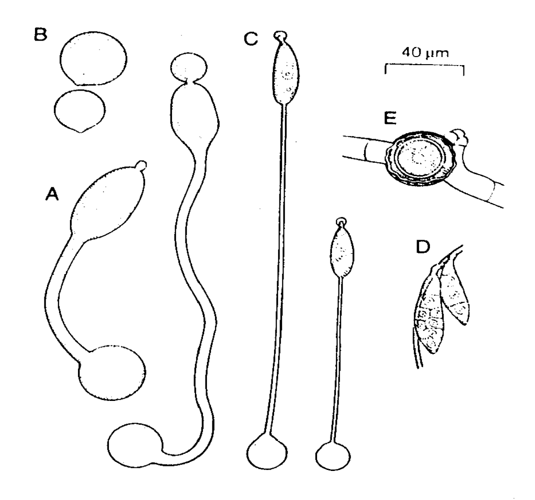
شكل (٦ – ١٦) : الفطر *Basidiobolus ranarum* .

a = تكوين الحامل الكونيدى ، حاملا كونيدة واحدة طرفية ، وتظـــهر منطقـــة ضعيفة عند قاعدة الحويصلة تحت الكونيدية .

b = كونيدة نابتة منتجة حامل كونيدى ثانوى .

c = كونيدة منطلقة ، بينما يكون الجزء العلوى من الحويصلة منفصـــلا عـــن باقى الحامل الكونيدى .

d = كونيدة نابتة منتجة ميسليوم مقسم .



شكل (٦ - ١٧) : مراحل دورة حياة الفطر *Basidiobolus ranarum* .

A = تكوين كونيدة تتحرر عن طريق الانطلاق بقوة .

B = كونيدة تم تحررها ، يشاهد بها الحليمة papillae .

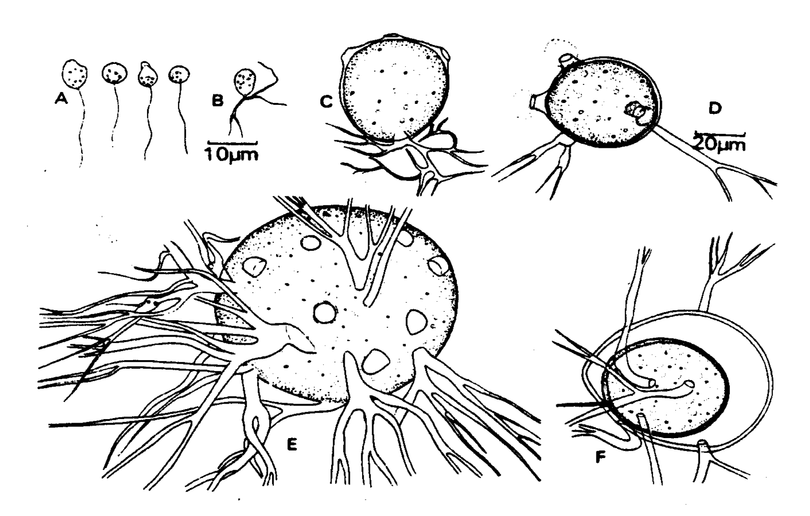
C = كونيديات ثانوية خيطية الشكل secondary capiliconidia متكونة على كونيدة أولية سبق تحررها .

D = كونيدة خيطية متعلقة بجسم عائل حشرى .

E = تكوين جرثومة زيجية zygospore .

وهناك أمثلة أخرى قليلة لفطريات تنتشر عن طريق عوائل مختلفة ؛ مثال ذلك الفطر الكيتريدى *Rhizophlyctis rosea* (شكل ٦ - ١٨) ، والفطر الهيبوكيتريدى *Hypochytrium catenoides* .

ويعتبر الفطران السابقان من فطريات التربة ؛ حيث يكونان جراثيم هدبية تتحرك لفترة ؛ ثم تفقد أهدابها وتسكن . وتبقى هذه الجراثيم ساكنة فى التربة ، حتى تبتلعها ديدان الأرض مع المواد العضوية التى تتغذى عليها ، وتبقى ساكنة داخلها .



شكل (٦ - ١٨) : الفطر *Rhizophlyctis rosea* .

A - جراثيم هدبية سابحة zoospores .

B - ثالوس فطرى صغير العمر ، متكون على جرثومة هدبية نابتة .

C - ثالوس فطرى متقدم فى العمر ، تظهر عليه ثلاث حليمات متفتحة dehiscence papillae .

D - ثالوس فطرى يظهر به سدادات هلامية mucilage plugs على فتحات الحليمات .

E - ثالوس فطرى ناضج يحمل كيس أسبورانجى كروى الشكل ، وسبع حليمات واضحة.

F - جرثومة ساكنة متكونة داخل كيس أسبورانجى فارغ .

وعندما تلتقط بعض الطيور - مثل الطائر الأسود the black bird (*Turdus merula*) - هذه الديدان ، فإن جراثيم الفطر تبقى حية داخل القناة الهضمية للطائر ، ثم تقذف مع كتل برازه بعد ذلك .

وتنشط هذه الجراثيم على زرق الطائر الأسود ؛ حيث تنبت وتنمو هيفاتها مغطية سطح الزرق ، ثم تتكون الجراثيم الهدبية التى تجد طريقها إلى التربة وتعيد دورة الحياة مرة أخرى . ويؤدى الاعتماد على ديدان الأرض والطائر الأسود إلى اتساع نطاق انتشار الفطر .

سابعا - تحلل براز الحيوانات مفصليات الأرجل :

يمثل براز الحشرات والأكاروس والحلم - وغيرها من مفصليات الأرجل - مصدرا غنيا بالمادة العضوية ، والتى تنمو عليه هذه المجموعة من الفطريات . وتعتبر هذه الحيوانات الصغيرة microfauna من المتغذيات الرئيسية على أوراق الأشجار التى تتساقط موسميا فى الغابات .

وتعود نسبة عالية من هذه المواد النباتية مرة أخرى إلى التربة على صورة كتل من براز هذه الحيوانات الصغيرة ، تتراوح بين ٦٠٪ و ٩٠٪ من كمية المواد النباتية المأكولة . ويحتوى براز هذه الحيوانات الصغيرة على المواد النباتية المعقدة الصعبة التحلل، والتى لا تستطيع هذه الحيوانات هضمها ؛ مثل : اللجنين ، بالإضافة إلى بعض السيليلوز .

وتتفاوت قدرة الحيوان المفصلى الأرجل على هضم هذه المواد النباتية المعقدة ، معتمدا فى ذلك على وجود بعض الكائنات الحية الدقيقة فى قناته الهضمية intestind microflora التى تنتج إنزيمات محللة للسيليلوز ، وتساعده على هضم غذائه .

ولقد درس Nicholson et al (1966) كتل براز الديدان ذات الألف قدم millipede (*Glomeris marginata*) التى تتغذى على أوراق أشجار البندق *Corylus avellana*) ؛ حيث وجد أن حوالى ٩٠٪ من الأوراق التى تتغذى عليها هذه الديدان تعود مرة أخرى بدون هضم على صورة كتل برازية .

وعند تحليل الكتل البرازية للديدان ذات الألف قدم ، وجد أن السليلوز يمثل أكثر من ٧٠٪ من وزنها . وترتفع نسبة المركبات النتروجينية فى هذه الكتل البرازية ، وخاصة الأمونيا ، وكانت هذه النسبة أعلى مما تحتويه أوراق الأشجار نفسها ؛ ولذلك فإن هذه الديدان تلتهم كميات كبيرة من أوراق الأشجار ذات القيمة الغذائية المنخفضة ، ثم تخرجها دون أن تحلل المركبات النباتية المعقدة .

ويؤدى تراكم كرات براز هذه الحيوانات مفصليات الأرجل - وغيرها من الحيوانات الأخرى الاكلة العشب - على أوراق الأشجار المتساقطة على أرضية الغابات إلى تنشيط الفطريات المحللة للسيليلوز واللجنين ، والى إعادة التوازن البيئى .

وتتميز كرات روث حيوانات الغابة بقدرتها العالية على الاحتفاظ بالماء ؛ وهى أعلى من قدرة أوراق الأشجار التى تتراكم فى الطبيعة متعرضة للجفاف ؛ فعلى سبيل المثال لا يقل محتوى رطوبة براز الديدان ذات الألف قدم عن ٦٠٪ خلال فصل الجفاف ؛ فى الوقت الذى تجف فيه أوراق الاشجار المتساقطة على الأرض ؛ مما يتيح للفطريات النمو على براز هذه الحيوانات الصغيرة حتى تحت هذه الظروف .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن محتوى النتروجين فى براز هذه الحيوانات مرتفع نسبيا ؛ حيث يصل إلى حوالى ١,٧٪ من وزنه ، بينما لا يزيد على ١,٤٪ فى أوراق الأشجار؛ مما يشجع نمو العشائر الفطرية على هذه الكتل البرازية، ويزداد معدل تحليل المركبات العضوية المعقدة بها مثل اللجنين .

وتشارك العشائر البكتيرية - أيضا - فى تحليل كرات براز هذه الحيوانات الصغيرة ؛ حيث تنشط خلال الأسبوعين الأولين من التحليل ، ثم يقل نشاط هذه البكتيريا ، وتبدأ الفطريات فى نشاطها ؛ متتابعة فى ظهورها .

وتحتوى كرات البراز الطازج لهذه الحيوانات المفصليات الأرجل على حوالى كيلومتر من الهيفات الفطرية لكل جرام مادة جافة ، يزداد حتى يصل إلى ٢,٥ كيلومترا لكل جرام خلال ٢٨ يوما . وهذا يفسر سرعة تحلل كرات براز الحيوانات الاكلة العشب - بصفة عامة - بالمقارنة بتحلل أوراق الأشجار الخام (Hudson, 1986) .

وعلى سبيل المثال تمت دراسة نشاط الفطريات الموجودة على كتل براز ذبابة الكاديس (*Eniocyla pusilla*) Caddis fly ، وقورن هذا النشاط الفطرى بنظيره على أوراق شجرة البلوط الخام التى تتغذى عليها الذبابة ، فوجد أن هذا النشاط يزداد إلى سبعة أضعاف على كتل براز ذباب الكاديس (Hudson, 1986) .

ولقد وجد - أيضا - زيادة نشاط الفطريات الهيفية والخمائر على كتل براز ديدان الأرض ، حيث يحتوى هذا البراز على نتروجين كلى أعلى مما تحتوى عليه التربة العضوية التى تنمو فيها هذه الديدان . ويوجد هذا النتروجين على صورة مركبات قابلة للاستفادة بفطريات الروث مثل الأمونيا ؛ مما يشجع نمو هذه الفطريات .

ثامنا ـ تخصص فطريات الروث :

تصنف الحيوانات الثديية العشبية إلى مجموعات مختلفة تبعا لطريقة هضمها لغذائها ؛ فعلى سبيل المثال ، تحتوى الحيوانات المجترة – مثل الأبقار ، والماعز ، والأغنام – على عدة معى ، حيث تعيد اجترار طعامها ، بعكس الحال فى الخيل والأرانب . وهناك فارق اخر ، هو أن بعض الحيوانات تعيد أكل برازها كالأرانب ، بعكس الحيوانات الأخرى .

وتختلف المدة اللازمة لهضم العلف الذى تتناوله هذه الحيوانات ، وايضا تتباين مدة بقائه فى القناة الهضمية بين ساعات قليلة وعدة أيام ؛ ولذلك فإنه من المتوقع اختلاف عشائر الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى روث هذه الحيوانات ؛ حتى لو اشتركت فى تناول نفس الغذاء .

وتعتبر الدراسات التى أجريت على ارتباط بعض فطريات الروث بحيوانات عشبية معينة دراسات قليلة نسبيا ، إلا أن نتائجها أظهرت بعضا من التخصص فى ظهور تراكيب جرثومية معينة على روث بعض الحيوانات العشبية دون الأخرى . ولقد شملت بعض هذه الدراسات كتل براز الحشرات والزواحف والحيوانات البرمائية .

فعلى سبيل المثال ، يكون الفطر *Coprobia granulata* أجساما ثمرية مفتوحة apothecia على روث الأبقار ، ولكن مثل هذه الأجسام الثمرية لا تشاهد على روث الخيل ، حتى لو اشتركت الأبقار والخيل فى تناول نفس العلف .

وفى دراسة قام بها Richardson (1972) لفطريات الروث التابعة لطائفة الفطريات الأسكية على الأنماط المختلفة لروث الحيوانات الاكلات العشب ، وجد أن بعض الفطريات – مثل *Podospora curvula* و *Ascobolus immersus* – تتخصص فى النمو وتكوين تراكيبها الجرثومية على روث الحيوانات المجترة ، بينما يتخصص الفطران *Thelebolus stercoreus* و *Podospora appendiculata* فى النمو وتكوين تراكيبها الجرثومية على كتل براز الحيوانات القارضة كالأرانب .

وتدل نتائج أبحاث أخرى على ارتباط الفطر *Stropharia segmiglobata* بروث الأغنام ، والفطر *Poronia punctata* بروث الخيل . ويعتبر روث الأبقار غنيا بالفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة؛ مثل الفطر *Coprobia granulata*،

بالإضافة إلى فطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* التابع للفطريات البازيدية .

كما حظيت دراسة الفطريات النامية على كتل براز الحيوانات البرية الصغيرة والحيوانات البرمائية ببعض اهتمام الباحثين ؛ حيث وجدت الأجسام الثمرية الدورقية للفطر الأسكى *Phaeotrichum hystricinum* على كتل براز حيوان القنفد . وأيضا بعض الأنواع الفطرية التابعة للفطر الزيجى *Dimargaris* على كتل براز الفئران

ومن ناحية أخرى ، درس كثير من الباحثين الفروق الموجودة بين أنواع الفطريات التى تكون تراكيبها الجرثومية على روث وكرات براز الحيوانات العشبية المختلفة ؛ فلقد جمع الباحثان (Angel & Wicklow (1975 عينات روث من حيوانات عشبية كالماشية والأرانب وبعض الحيوانات الصغيرة من ولاية كلورادو بالولايات المتحدة .

وعند تحضين عينات الروث وكرات البراز السابقة فى غرفة رطوبة ، وجد حوالى ٣٥ نوعا من الفطريات المختلفة على روث الماشية ، بينما ظهر على كرات الحيوانات الصغيرة ١١ نوعا فطريا فقط .

وفى دراسة أخرى لاحقة ، درس (Wicklow et al (1980 التراكيب الجرثومية التى تكونها بعض الفطريات النامية على كتل براز الأرانب والأغنام المتغذية على نفس العشب ؛ حيث وجد ١٣ نوعا من هذه الفطريات تتكون على كتل براز الأغنام ، و ١٩ نوعا فطريا على كتل براز الأرانب . وتدل هذه النتائج على أن اختلاف مراحل هضم العلف والمدة اللازمة لذلك ، قد يكونان من العوامل الهامة المؤثرة فى تحديد أنواع الفطريات التى تظهر على روث الحيوانات العشبية .

واتجه الباحث (Richardson (1972 اتجاها آخر فى دراسة هذه الفطريات ؛ حيث جمع عينة من روث وكتل براز ستة نماذج مألوفة لحيوانات عشبية هى أرانب برية وأرانب منزلية ، وخراف ، وأبقار ، وخيل ، وأيائل اليحمور roe deer من مناطق مختلفة ، ثم سجل التراكيب الجرثومية الفطرية التى تظهر متتابعة خلال ٢ - ٣ شهور من التحضين فى غرفة رطوبة .

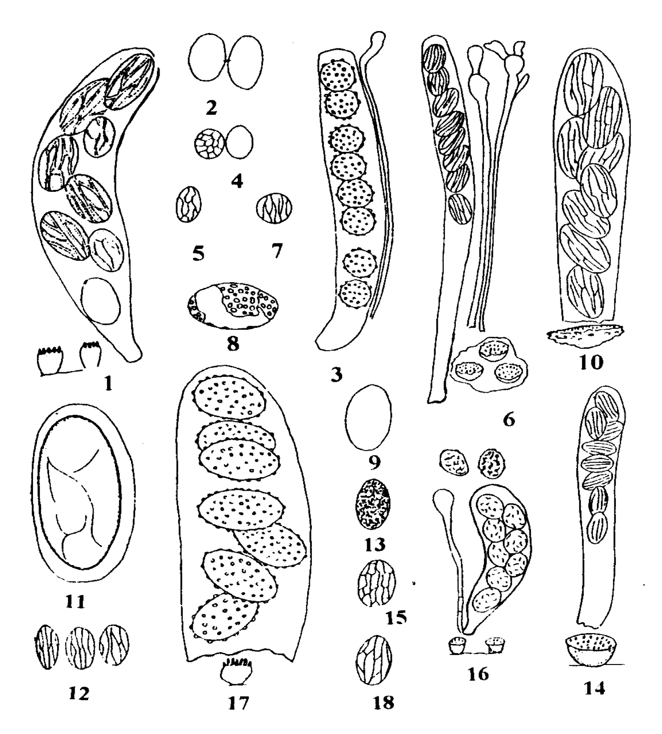
ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة ارتباط بعض أنواع الفطريات بأنماط محددة من روث وكتل براز هذه الحيوانات ، بينما كانت بعض هذه الفطريات شائعة الانتشار على

مختلف انماط عينات الروث تحت الدراسة .

فعلى سبيل المثـــال ، وجـــدت على روث الحيـــوانات المجـــترة الفطـــريـــــات التالية : *Coprobia granulata* ، و *Ascobolus furfuraceus* ، و *A. immersus* ، و *Lasiobolus ciliatus* ، و *Ascophanus microspora* ، *Podospora curvula* ، بينما وجدت فطريات أخرى مصاحبة لكتل براز الحيوانات القارضة كالأرانب ؛ مثـــال ذلك *Sporormia bipartis* ، و *Thelebolus stercoreus* و *Coniochaeta* spp. و *Podospora appendiculata* و *P. setosa* .

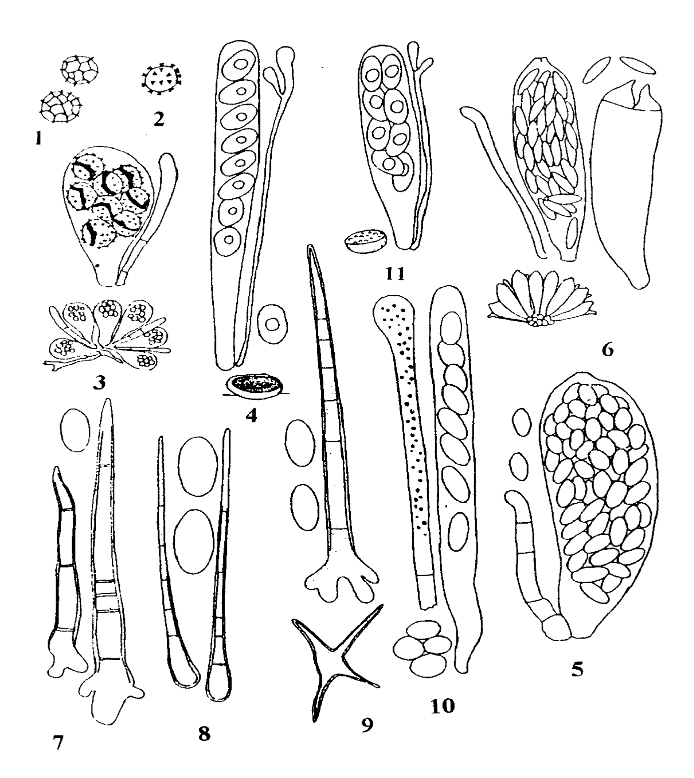
كما أظهرت الدراسة السابقة شيوع وجود بعض الفطريات علـــى مختلــف انمـــاط الـــروث ؛ مثال ذلك الفطـــريات : *Thelebolus nanus* ، و *Ascobolus albidus* ، و *Podospora vesticola* .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فانه لا يزال من غير المعروف الأسباب التـــى تحدد ارتباط بعض الفطريات بأنماط محدودة من روث الحيوانات الاكـــلات العشـــب . وقد تلعب مجموعة من العوامل دورا فى ذلك ؛ مثل اختلاف مراحل هضـــم الحيـــوان لغذائه ، وتنافـــس الأحـــياء الدقيـــقة فى روث الحيوان على الغـــــذاء ، أو إفرازهـــا لمواد مثبطة أو مشجـــعة للنمو . ولا يـــزال هـــذا الموضـــوع فى احتياج إلى مزيـــد من البحث والدراسة ؛ وذلك لأهمية فطريات الروث فى تحليل بقايا المـــواد العضويـــة الصعبة التحلل ؛ مما يعيدها مرة أخرى لتصبح قابلة للاســـــتفادة بواســـطة النبـــات ، حافظة للبيئة من التلوث .



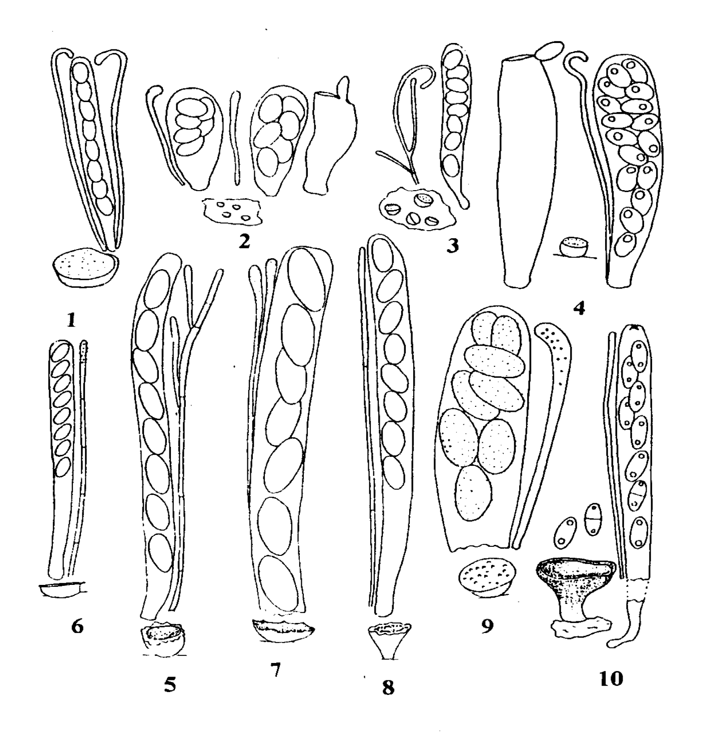
شكل (٦ - ١٩) : بعض فطريات الروث الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes التابعة للجنس *Ascobolus* .

1 - *A. albidus*
2 - *A. boudieri*
3 - *A. brassicae*
4 - *A. carletonii*
5 - *A. crenulatus*
6 - *A. crenulatus*
7 - *A. crevinus*
8 - *A. degluptus*
9 - *A. elegans*
10 - *A. furfuraceus*
11 - *A. immersus*
12 - *A. lignatilis*
13 - *A. mancus*
14 - *A. minutus*
15 - *A. perplexans*
16 - *A. rhytidisporus*
17 - *A. roscopurpurcus*
18 - *A. stictoideus*



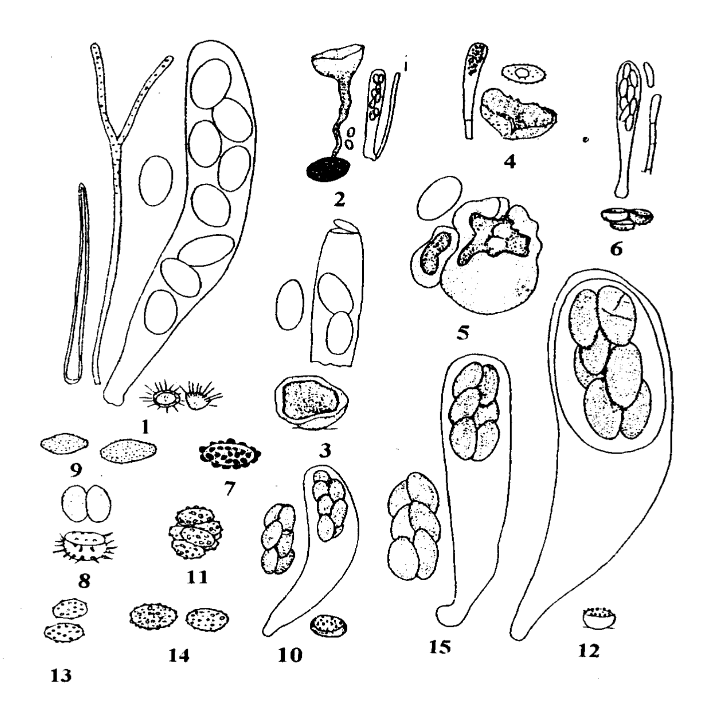
شكل (٦ – ٢٠) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Ascodesmis microscopica*
2 - *A. nigricans*
3 - *A. porcina*
4 - *Ascophanus misturae*
5 - *Ascozonus leveilleanus*
6 - *A. woolhopensis*
7 - *Cheilymenia fumicola*
8 - *C. raripila*
9 - *C. stercorea*
10 - *Coprobia granulata*
11 - *Coprotus aurorus*



شكل (٦ - ٢١) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes.

1 - *Coprotus glaucellus* 2 - *C. granuliformis*
3 - *C. lacteus* 4 - *C. sexdecemsporus*
5 - *Fimaria cervaria* 6 - *F. equina*
7 - *F. hepatica* 8 - *F. theioleuca*
9 - *Iodophanus carneus* 10 - *Lanzia cuniculi*



شكل (٦ - ٢٢) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Lasiobolus papillatus*
2 - *Martininia panamensis*
3 - *Peziza bovina*
4 - *P. pleurota*
5 - *P. vesiculosa*
6 - *Pezizella albula*
7 - *Saccobolus beckii*
8 - *S. caesariatus*
9 - *S. citrinus*
10 - *S. depauperatus*
11 - *S. dilutellus*
12 - *S. glaber*
13 - *S. globuliferellus*
14 - *S. obscurus*
15 - *S. versicolor*

تاسعا - تفسير تتابع ظهور فطريات الروث :

اهتم كثير من الباحثين بدراسة تتابع ظهور التراكيب الجرثومية للفطريات التى تنمو على روث الحيوانات الاكلات العشب ؛ حيث لوحظ ان هذا التتابع يرتبط بترتيب رقى هذه الفطريات، كما يرتبط بتصنيفها فى المملكة الفطرية ؛ حيث تظهر الفطريات الزيجية اولا ، تليها الفطريات الأسكية ، ثم الفطريات البازيدية التى تعتبر أرقى الفطريات .

ولقد ظهرت عدة نظريات فى محاولات عديدة لتفسير تتابع ظهور هذه الفطريات على الروث ، تناقش مدى سرعة إنبات جراثيم الفطريات المختلفة فى الروث ، ومعدل نمو هيفاتها ، وسرعة تكوينها للتراكيب الجرثومية ، وعلاقة ذلك بتحلل المكونات الصعبة فى الروث كالسيليلوز واللجنين ، وعلاقة الفطريات المختلفة بعضها ببعض فى مادة الروث ، وغير ذلك من علاقات حيوية يمكن مناقشتها فى النظريات التالية .

١ - النظرية الغذائية The nutritional hypothesis:

يشار - عادة - إلى تتابع ظهور التراكيب الجرثومية الفطرية التى تظهر على روث الحيوانات العشبية كمثال نموذجى لتتابع الفطريات على أحد البيئات الغذائية المتخصصة فى الطبيعة . ولكن يصعب - فى الحقيقة - التنبؤ بظهور فطر ما مبكرا عن فطر اخر ، أو توقع تتابع معين للفطريات .

ويعتبر الباحثان (Massee & Salmon (1901 , 1902 من أوائل من درس تتابع فطريات الروث . وحتى منتصف الستينيات ، لم يكن معروفا - على وجه التحديد - الأسباب التى تحدد هذا التتابع (Harper & Webster, 1964) ، وحتى ذلك الوقت كان التفسير المنطقى لهذا التتابع هو اختلاف التركيب الغذائى للمواد العضوية المتحللة؛ حيث يلائم كل فطر من هذه الفطريات النامية مرحلة معينة من مراحل التحليل .

ويحتوى الروث الطازج على نسبة من السكريات البسيطة القابلة للذوبان فى الماء ، بالإضافة إلى كميات من النشا والمواد النتروجينية العضوية التى سرعان ما تستهلك بواسطة هيفات الفطريات ، بينما تتبقى المواد الأخرى المعقدة مثل الهيميسليلوز والسيليلوز ، واللجنين ؛ حيث يتم تحليلها والاستفادة منها بعد ذلك .

وتعتبر الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات Mucorales أول من يظهر تراكيبه الجرثومية على الروث ، حيث تتميز جراثيمها بسرعة إنباتها ، كما تسرع هيفاتها غير المقسمة فى معدل نموها ؛ مستهلكة السكريات والمركبات العضوية البسيطة الأخرى ، بينما لا تستطيع هذه الفطريات تحليل المركبات المعقدة كالسيليلوز واللجنين .

وتفترض النظرية الغذائية أن اختفاء الفطريات الزيجية يرجع إلى استنفاذ المركبات الكربوهيدراتية البسيطة من الروث ؛ حيث تترك المجال للفطريات الاسكية المحللة للسيليلوز ، ثم تظهر – فى النهاية – الفطريات البازيدية المحللة للجنين ، التى تنمو على الروث دون منافس .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن هناك بعض الاعتراضات على النظرية الغذائية ؛ حيث إنها لم تأخذ فى الحسبان أن جراثيم هذه الفطريات يتم تشجيعها على الإنبات خلال مرورها فى القناة الهضمية للحيوانات العشبية ، كما أن اختفاء الفطريات الزيجية لا يرتبط – عادة – بانخفاض مستوى المركبات العضوية البسيطة القابلة للذوبان فى الماء.

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن جراثيم الفطريات الأسكية والبازيدية تنبت بسرعة أقل، كما أن معدل نمو هيفاتها بطئ ، بالمقارنة بنمو هيفات الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات ، وهذا يضيف إلى النظرية الغذائية السلوك الفسيولوجى للمجاميع المختلفة من فطريات الروث التى تتعاقب فى نموها على الروث .

وتعطى هذه النظرية تصورا مقبولا لتتابع هذه الفطريات على روث الحيوانات العشبية ، والأسباب المنطقية التى أدت إلى ذلك ، إلا أنه يؤخذ على هذه النظرية إغفالها العوامل البيئية التى تحيط بالروث أثناء تحلله ، وظهور هذه الفطريات عليه .

٣ – الوقت اللازم للتكاثر :

تعتمد هذه النظرية على الوقت اللازم لاستكمال نمو هيفات الفطر وتكوينها للتراكيب التكاثرية ، سواء أكانت أكياسا أسبورانجية sporangia ، أم أجساما ثمرية أسكية

دورقية perithecia ، أم مفتوحة apothecia ، أم أجساما ثمرية بازيدية من النوع التابع لفطريات عيش الغراب الأجاريكية agaric type .

وفى بعض الحالات ، لا يرتبط تتابع تكوين ميسليوم الفطر بظهور تراكيبه التكاثرية . ويعتبر سرعة إنبات الجراثيم – وما يتبعه من معدل نمو الهيفات الفطرية – من العوامل الهامة لتقدير معدل استفادة الفطر من المواد العضوية الموجودة فى الروث .

وعند اختبار إنبات جراثيم فطريات الروث المختلفة على بيئة الاجار فى المعمل يلاحظ أنها تتباين فى سرعة إنباتها ، بل إن بعض هذه الجراثيم تفشل فى الإنبات ؛ وذلك لعدم مرورها خلال القناة الهضمية للحيوانات العشبية ؛ حيث تؤدى هذه المعاملة إلى تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات ، وكسر طور السكون عن طريق تعرضها للعصارات الهضمية .

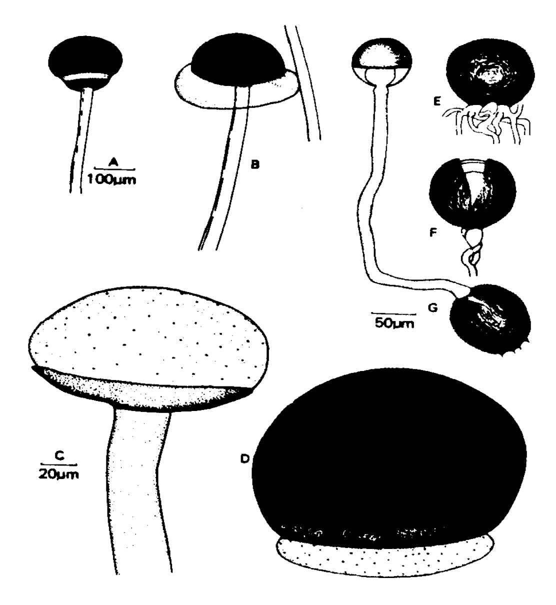
وعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم جراثيم الفطر *Pilaira anamala* تنبت بعد تعرضها للعصارات الهضمية فى الحيوانات العشبية ، بينما لا يتم إنبات سوى ٥٪ فقط من الجراثيم التى تعرضت لحرارة ٣٧°م لمدة ٣ ساعات .

وفى دراسةٍ مقارنةٍ لمعرفة مدى تأثير العصارة المعدية على معدل إنبات بعض فطريات الروث ، قدر الباحثان Harper & Webster (1964) معدل إنبات جراثيم الفطر *P. anomala* المعزولة من كتل براز الأرانب بعد تعرضها لمعاملةٍ تُناظر مرورها فى القناة الهضمية للأرانب .

وتتلخص هذه المعاملة بوضع جراثيم الفطر فى محلول البنكرياتين pancreatin القاعدى (رقم حموضته ٩) على درجة حرارة ٣٧°م لمدة ثلاث ساعات ، ثم غسلها بالماء للتخلص من تأثير المحلول السابق ، ووضعها على بيئة اجار الروث dung agar وتحضينها فى المعمل على درجة حرارة حوالى ١٨°م .

ولقد أظهرت نتائج الدراسة السابقة أن هذه المعاملة أدت إلى تشجيع إنبات الجراثيم وكسر طور السكون بها ؛ حيث تم إنبات معظم هذه الجراثيم خلال ٦ ساعات على بيئة اجار الروث ، كما زاد معدل نمو أنابيب الإنبات ومعدل نمو الهيفات الفطرية .

ومن ناحية أخرى ، لم تظهر الدراسات المختلفة على فطريات الروث وجود ارتباط معنوى بين معدل نمو الميسليوم الفطرى والوقت اللازم لتكوين تراكيبـــها التكاثريـــة . فعلى سبيل المثال وجد أن معدل نمو الفطر *Sordaria fimicola* كان ١٩ ملليمـــترا / يوم ، بينما كان معدل نمو الفطر *Ascobolus glaber* ١٢ ملليمترا / يوم ، وظـــهرت الأجسام الثمرية للفطر الأول بعد ٩ ، أيام وللفطر الثانى بعد ١١-١٢ يوم .



شكل (٦ - ٢٣) : الفطر *Pilaira anamala* .

A = حامل أسبورانجى نام على كتل براز الأرانب ؛ حيث يبدو تشقق الجدار عند قاعدة الكيس الأسبورانجى .

B = كيس أسبورانجى محاط به حلقة مخاطية ملتصقة بالهيفا الفطرية .

C = عويمد columella بعد انفصال الكيس الأسبورانجى .

D = كيس أسبورانجى منفصل ، موضحا الحلقة المخاطية القاعدية .

E = جرثومة زيجية .

F,G = مراحل إنبات الجرثومة الزيجية .

وعلى العكس من المثال السابق، وجد أن معدل نمو الفطر *Mucor mucedo* كان ٩,١ ملليمترا يوميا ، وللفطر *Pilaira anamala* كان ٤,٨ ملليمترا يوميا . وعلى الرغم من معدل النمو الميسليومى للفطرين السابقين ، فإن تراكيبهما التكاثرية تكونت بعد يومين فقط (Hudson, 1986) .

ويعتبر معدل نمو ميسليوم الفطر *Coprinus* بطيئا نسبيا ؛ حيث يتراوح بين ٣.٢ و ٤.٤ ملليمترا يوميا ، ولكن هذا المعدل البطئ قد يكون أسرع نسبيا من نمو هيفات بعض الفطريات الأسكية التى تكون ثمارها قبل هذا الفطر البازيدى .

وعلى ذلك ، فإن جراثيم الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات تنبت بسرعة وتنمو أنابيب إنباتها وهيفاتها أسرع من غيرها من الفطريات الأخرى النامية على روث الحيوانات الاكلة العشب ، كما أنها تكون حواملها الأسبورانجية وتنضج أكياسها الأسبورانجية أسرع من أى فطر اخر ؛ وبالتالى فهى تسبق جميع الفطريات فى الظهور على الروث .

والتفسير الذى تقترحه هذه النظرية لتتابع ظهور فطريات الروث هو أن كل فطر يحتاج إلى وقت كاف لتكوين تراكيبه التكاثرية وظهورها على الروث ؛ فعلى سبيل المثال تحتاج الأجسام الثمرية البازيدية لفطريات الروث الأجاريكية agaric type إلى وقت طويل لتكوينها ، بالمقارنة بالوقت اللازم لتكوين الحوامل الأسبورانجية والأكياس الأسبورانجية للفطريات الزيجية .

وبالإضافة إلى ما سبق ، يلعب التوازن الحيوى وعلاقة الفطريات بعضها ببعض فى الروث دورا فعالا فى تحديد ترتيب ظهور التراكيب التكاثرية لهذه الفطريات ؛ مثل التنافس الداخلى بين الأحياء الدقيقة داخل الروث على المواد الغذائية ، وما يتبعه من علاقات معقدة بين هذه الأحياء الدقيقة .

ويشترك فى هذا التنافس عديد من الكائنات الحية الدقيقة التى تتواجد طبيعيا فى الروث ؛ مثل : البكتيريا ، والبرتوزوا ، والفطريات ، والنيماتودا . وبعد قذف الروث على سطح الأرض يكون هدفا لعديد من الكائنات الحية الأخرى لتتغذى عليه ؛ مثل : الحشرات ، والحلم ، وديدان الأرض .

٣ – التنافس على العناصر الغذائية :

تبدأ جراثيم الفطريات المختلفة فى الإنبات بعد قذف الروث مباشرة ، متنافسة على المركبات الكربوهيدراتية البسيطة أثناء نموها . وفى الوقت الذى تبدا هيفات الفطريات الأسكية والبازيدية فى إفراز إنزيماتها المحللة للهيميسيليلوز والسيليلوز ، تكون الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات قد بدأت فى تكوين حواملها الأسبورانجية .

وفى هذه المرحلة ، تبدأ الفطريات الأسكية فى تكوين أجسامها الثمرية ، وتستمر فى ذلك ما دام يوجد مصدر كاف من السيليلوز يسد احتياجاتها الغذائية . وأخيرا لا يتبقى فى الروث سوى اللجنين ، الذى لا تحلله سوى الفطريات البازيدية ؛ حيث تحلل جميع المركبات العضوية المعقدة تحليلا تاما ، ثم تبدأ فى تكوين أجسامها الثمرية قبل استنفاذ مصادر الغذاء فى الروث .

ويعتبر التصور السابق هو تفسير لتتابع فطريات الروث المعتمد على تنافس هيفات هذه الفطريات على العناصر الغذائية ، وقد يكون ذلك صحيحا من الناحية النظرية ، إلا أن التنافس بين هذه الفطريات – فى الواقع – يكون أكثر تعقيدا . ويستمر تحليل مكونات الروث بفعل طوائف الفطريات المتتالية ، التى لا تكاد تختفى طائفة حتى تظهر غيرها.

ولا يقتصر تنافس هذه الفطريات على المركبات الكربوهيدراتية البسيطة ، بل إنها تتنافس على المركبات النتروجينية ، وأيضا على العوامل المشجعة للنمو growth factors التى تؤثر فى نمو وتكاثر بعض الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، تشجع الأمونيا إنتاج الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* . وفى تجربة لإنماء هذا الفطر على بيئة صناعية وجد أن معدل إنتاج الأكياس الأسبورانجية يكون قليلا ، بينما يزداد هذا المعدل عند نمو الفطر *Mucor plumbeus* معه على نفس البيئة ، ويرجع ذلك إلى أن الفطر الأخير يفرز الأمونيا خلال نموه ، والتى يمكن اعتبارها مادة مشجعة لنمو فطر قاذف القبعة .

وبناء على ذلك ، فإن النمو الفائق والتكاثر الجيد لفطر قاذف القبعة على الروث قد يكون راجعا إلى إنتاج الأمونيا بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ، وأيضا إلى وجود عامل النمو المتخصص وهو الكوبروجين coprogen .

ومن ناحية أخرى ، يعتمد فطر قاذف القبعة على الاحماض الدهنية – كمصدر هام للمركبات الكربوهيدراتية – أكثر من اعتماده على السكريات البسيطة مثـل الخماسـية والسداسية ؛ حيث توجد هذه الأحماض الدهنية بوفرة فى الروث الطازج ؛ مما يعمـل على تشجيع نموه فى هذه المرحلة المبكرة من تحليل الروث .

ولقد اعتمدت الأبحاث التى أجريت لدراسة تنافس فطريات الروث على العنـاصر الغذائية ، علـى إعادة تجهيز كتل براز الأرانب وتعقيمها بالاشعاع ؛ حيـث يتكـون روث متجانس التركيب وخال من الاحياء الدقيقة ، أطلق عليـه اسـم " copromes " (Wood & Cooke, 1984) .

واستعملت مادة براز الارانب المعاد تجهيزها فى عديد من الابحاث بعد ذلك ؛ فلقد حقن الباحثان (Safar & Cooke, 1988) جراثيم أسكية سـبق إنباتـها لثلاثـة مـن فطريات الـروث الأسـكية فى هـذا البـراز وهـى : *Sordaria macrospora* ، و *Ascoblous cremulatus* ، و *Chaetomium bostrychodes* ، سواء منفـردة ، أم مزدوجة ، أم الفطريات الثلاثة مجتمعة .

وتم فحص الأجسام الثمرية الأسكية على مادة براز الأرانب المعاد تجهيزها بعد ١٤ يوما ؛ حيث أظهرت النتائـج أن نسبة تكوين هذه الأجسام الثمرية قـد اخـتزلت فـى وجود عديد من الفطريات النامية مجتمعة على هذا البراز الصناعى السابق تجـهيزه . وكان أكثر الفطريات حساسية لمنافسة الفطريات الأخرى هو الفطر *A. cremulatus* ؛ حيث فشل تماما فى تكويـن أجسـامه الثمريـة ؛ وذلـك عنـد وجـود الفطـر *C. bostrychodes* ؛ نتيجة تنافس هذه الفطريات على الغذاء .

ولا يقتصر التنافس على العناصر الغذائية فى روث الحيوانات الاكلة العشب علـى الفطريات فحسب ، بل أيضا تنافس الكائنات الحية الأخرى ؛ مثل : عشائر البكتيريـا، والبرتوزوا ، والنيماتودا ، والحشرات ، والديدان الحلقية ، وغيرها بعضها مع بعـض، وقد تصبح هيفات الفطر بدورها غذاء لهذه الأحياء الدقيقة .

ولا يلعب هذا التنافس – بين الفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخـرى فى الروث على العناصر الغذائية – دورا فـعالا فـى تتـابع ظـهور التـراكيب التكاثرية للفطريات، ولكنه يؤثر فى كثافة ظهور هذه التراكيب ومـدة وجودهـا علـى الروث .

وفى دراسة استخدم فيها براز الأرانب الصناعى copromes المعاد تجهيزه ، تم حقنه بجراثيم سبق إنباتها للفطر *Pilobolus crystallinus* بصورة نقية ، ثم حقنه مع فطريات أخرى مثل *Ascobolus viridulus* ، و *Coprinus heptemerus* ، سواء منفردين أو مجتمعين .

واستهدفت الدراسة السابقة معرفة تأثير التنافس بين الفطريات السابقة فى تكوين الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *P. crystallinus* . وتدل النتائج المتحصل عليها على أن هذا الفطر بدأ فى تكوين أكياسه الأسبورانجية بعد أربعة أيام من الحقن ؛ وذلك عند نموه منفردا ، بينما انخفض معدل تكوين هذه الأكياس الإسبورانجية للفطر عند وجوده مع الفطر *A. viridulus* .

وكان التأثير التنافسى أكثر حدة وتأثيرا على تكوين الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة عند وجود الفطر *C. heptemerus* معه . وفى حالة وجود الفطرين *A. viridulus* و *C. heptemerus* زادت حدة التنافس ، وانخفض عدد الأكياس الأسبورانجية المتكونة لفطر قاذف القبعة بدرجة كبيرة .

٤ – إنتاج المضادات الحيوية :

يعتبر الفطر *Stilbella erythrocephala* مثالا واضحا لخفض معدل النمو الميسليومى وإنتاج التراكيب الجرثومية عن طريق المضادات الحيوية ؛ حيث يكون هذا الفطر ضفيرة كونيدية synnemata بنفسجية اللون ، وخاصة على الروث الجاف للماشية وكرات براز الأرانب .

ولقد وجد الباحثان Singh & Webster (1973) أن المترشح الفطرى للفطر *S. erythrocephala* قد يعمل على تثبيط إنبات الجراثيم الأسبورانجية فى الجنس *Mucor*، كما يثبط النمو الميسليومى لعديد من فطريات الروث بما فيها الأنواع التابعة للجنسين *Pilaira* و *Ascobolus* ؛ حيث تتشوه أطراف الهيفات . كما يؤدى وجود الفطر *Stilbella* فى كرات براز الأرانب إلى خفض معدل تكوين الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus* .

ودرس الباحثان (Bruckner & Reinecke, 1989) طبيعة المضاد الحيوى الذى يفرزه الفطر *Stilbella* ؛ حيث وجد أنه قريب من المضاد الحيوى emerimicin فى تركيبه وتأثيره على النمو الفطرى والعشائر البكتيرية .

وهناك عديد من الفطريات الأخرى النامية على الروث والتى تفرز مضادات حيوية، مثال ذلك الفطر *Poronia punctata* ، وهو فطر أسكى بطئ النمو ، تظهر ثماره متأخرة على روث الماشية . وتعمل المضادات الحيوية المفرزة من الفطر السابق على تثبيط نمو عديد من الفطريات الأسكية الأخرى ؛ التى تكون ثمارها الأسكية مبكرا على روث الماشية (Wicklow & Hirschfield, 1979) .

٥ – التداخل الهيفى hypal interference :

هو أحد أنواع التضاد المعتدل بين بعض الفطريات وبعضها الاخر ؛ حيث اكتشف لأول مرة فى فطريات الروث خاصة الفطر *Coprinus heptemerus* . ويظهر هذا النوع من التضاد على صورة تلامس القمة النامية لهيفا فطر مضاد ، يتبع الفطريات البازيدية غالبا ، مع هيفات فطر اخر حساس ؛ مما يسبب تحلل هيفات الفطر الأخير وموتها .

وفى إحدى الدراسات (Harper & Webster, 1964) استعمل فيها كتل براز الأرانب المعاد تجهيزها ، حيث تم حقنها بمعلق جراثيم الفطر *Coprinus heptemerus*، مع جراثيم لفطريات أخرى مثل : *Pilaira anamala* ، و *Ascobolus crenulatus* ، ووجد أن معدل تكوين التراكيب الجرثومية للفطرين الأخيرين قد انخفض بشدة نتيجة وجود الفطر *C. heptemerus* .

كما اختبر تأثير الفطر *C. heptemerus* على نمو وتجرثم عديد من فطريات الروث الأخرى ؛ مثل فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ فأدى ذلك إلى انخفاض معدل تكوين الأكياس الأسبورانجية للفطر الأخير ، ولكن لم يثبت وجود أية مضادات حيوية فى مادة الروث المستعملة فى التجربة .

وفى دراسة أخرى ، تم إنماء الفطر *C. heptemerus* مع الفطر الحساس *Ascobolus crenulatus* معا على بيئة الأجار . وخلال الدقائق الأولى من تلامس هيفات الفطرين معا ، لم يلاحظ أى تأثير على النمو الفطرى ، ولكن بعد ذلك شوهدت تغيرات كبيرة فى هيفات الفطر *A. crenulatus* ؛ حيث توقفت عن النمو ، وتكونت عديد من الجدر العرضية ، وتحوصلت المحتويات الداخلية للخلايا ، وقل انتفاخها.

وعند إجراء اختبار البلزمة plasmolysis test لخلايا هيفات الفطر *A.*

C. cremulatus، وجد أن خلايا هيفات الفطر البعيدة عـــن تلامـــس هيفـــات الفطـــر *C. heptemerus* كانت موجبة للاختبار ؛ مما يـــدل على حيويتها ، بينمـــا لـــم تســـتجب هيفات الفطر السابق المتلامسة مع الفطر المضاد لاختبار البلزمة ؛ مما يدل على انـــها خلايا ميتة .

ويجرى اختبار البلزمة لمعرفة مدى حيويـــة خلايا هيفات الفطر الحساس ؛ حيـــث يتم غمر الطبق البترى – الذى نمت فيه الفطريات الســـابقة – بمحلـــول مركـــز مـــن الجلـــوكوز ، فإذا أظهرت خلايا الفطر الحساس المتلامسة مع طـــرف هيفـــا الفطـــر المضاد غير المتبلزمة ، دل ذلك على عدم حيويتها .

وهناك عديد من فطريات الروث البازيدية الأخرى التى تشاهد فيها ظاهرة التداخـــل الهيفى hyphal Interference phenomenon ؛ حيث يظهر بعضها حساسية لتلامـــس هيفات فطريات أخرى معها .

وحيث إن هذه الظاهرة الحيويـــة تشاهـــد عند تلامس قمة هيفـــا الفطـــر المضـــاد لجانب هيفا الفطر الحساس ، وانهيار خلايا الفطر الأخـــير وموتـــها ، فلقـــد وضعـــت الفطريات المضادة فى مجموعة الفطريات الثاقبة peaking order ؛ حيث يعتبر الفطر *C. heptemerus* أكثر هذه المجموعة تأثيرا (Ikediugwu & Webster, 1970) .

وفى بعض الحالات ، يكون تأثير هذه الفطريات المضادة قويا للغاية ؛ فعلى ســـبيل المثال يمكن لهيفا واحدة للفطر *Panaeolus sphinctrinus* إيقاف نمو مستعمرة كاملـــة للفطر *Bolbitius vitellinus* .

ولتفسير هذه الظاهرة الحيوية ، وجد (Ikediugwu (1976 أن تلامس طرف هيفا الفطر المضاد *C. heptemerus* لهيفا الفطر الحساس *A. cremulatus* أدى إلى تدهـــور الغشاء السيتوبلازمى عند الخلايا المتلامسة ، كما أدى إلى بلزمتها .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه ليس من المعروف حتـــى الان التفســـير الطبيعى والكيميائى لظاهرة التداخل الهيفى ، إلا أن الدلائـــل تشـــير إلـــى أن الفطـــر *Coprinus* يفرز مادة ذات تأثير تضادى ، يمكنها النفاذ من خلال رقـــائق ســـيلوفان سمكها ٥٠ ميكرونا ، ولكن لم يمكن تنقية هذه المادة الفعالة ، أو حتى معرفـــة مـــا إن كانت مادة واحدة أو عديدا من المواد .

ويبدو أن التداخل الهيفى هو نوع محدد من التضاد الحيوى ، تتركز فاعليته فى طرف هيفا لفطر مضاد ، ومناطق هيفية لفطر اخر حساس ، ويؤدى ذلك إلى موت خلايا هيفات الفطر الحساس ، وعدم قدرته على تكوين تراكيبه الجرثومية .

٦ – التطفل Parasitism :

تتطفل بعض فطريات الروث بعضها على بعض ؛ حيث يطلق على هذه الظاهرة اسم mycoparasitism . ومن أشهر الفطريات المتطفلة على الروث الأنواع التابعة للجنسين *Chaetocladium* ، و *Piptocephalis* (شكلى ٦ – ٤ ، ٥) ؛ وهى تتبع طائفة الفطريات الزيجية؛ حيث تتطفل على فطريات زيجية أخرى تتبع رتبة الميوكورات Mucorales .

وتتميز الأنواع التابعة للأجناس السابقة بمداها العوائلى العريض ؛ فعلى سبيل المثال يتطفل الفطر *Piptocephalis fimbriata* على أكثر من ٢٠ جنسا تابعة لرتبة الميوكورات ، بينما يتطفل الفطر *P. viriniana* على حوالى ١٥ جنسا مختلفة من الفطريات .

ولا تعتبر الفطريات المتطفلة السابقة من فطريات الروث ، بل على العكس من ذلك، وجد أنه عند إضافة جراثيم الفطر *Piptocephalis* إلى علف الأرانب ، لم تستطع هذه الجراثيم البقاء حية بعد مرورها فى القناة الهضمية وتعرضها للعصارات الهضمية بها (Wood & Cooke, 1986) .

وتعتبر التربة التى توجد عليها كرات براز هذه الحيوانات المصدر الرئيسى لجراثيم هذه الفطريات المتطفلة ، ويعمل وجود هذا البراز على سطح التربة على تشجيع نمو الفطريات المتطفلة وانتقالها إليه ، ثم مهاجمتها لهيفات فطريات الروث الزيجية عليها، وقد يكون الهواء مصدرا ثانويا لهذه الجراثيم (Ingold & Zoberi, 1963) .

وقد تنبت كونيديات الفطر المتطفل *Piptocephalis* فى غياب العائل الفطرى التابع لرتبة الميوكورات ، إلا أن نمو أنابيب الإنبات – فى هذه الحالة – يكون محدودا ما دام ميسليوم الفطر العائل قريبا منها ؛ حيث يجذب نمو أنابيب الإنبات إليه جذبا كيمائيا ، ثم تخترق هيفات الفطر المتطفلة هيفات الفطر العائل وتنمو داخله مكونة ممصات haustoria تمتص بها المحتويات الغذائية .

ويفسر النمو الضعيف للفطـر المتطفل أثناء غياب العائل الفطرى المناسـب بوقف التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية المعقدة غير المشبعـة ؛ مثـل حمـض اللينولينـك linolenic acid الذى يتوفر فى هيفات الفطر العائل .

وتلعب درجة الحرارة السائدة دورا فى تحديد سلوك الفطر المتطفل *Piptocephalis* وتطفله على عوائله الفطرية . ففى بعض الحالات ينخفض معدل نمو هيفـات الفطـر العائل ، بينما فى حالات أخرى قد تموت هذه الهيفات نتيجة الاصابة بالفطر المتطفل .

ولقد وجد Wood & Cooke (1986) أن نوعين تابعين للجنـس *Piptocephalis* متطفلين على الفطر *Pilaira anamala* قد تسببا فى تدهور نمو هيفات الفطر العائل ، وانخفاض معدل تجرثمه ؛ وذلك عندما كانت درجة الحرارة اعلى من ٣٠°م .

٧ - الافتراس Predation :

يوفر الروث مادة غذائية غنية لعديد من الحيوانات الصغيرة المفصليـات الأرجـل التى تأقلمت على الحياة فى الروث . وبمجرد أن تقذف الحيوانات الاكلة العشب روثها على سطح الأرض ، فإن عديدا من الحـشرات تنجذب اليه وتضـع بيضـها عليـه ؛ مثل الذباب التابع لمجموعة Muscidae ، بينما تضع بعض الحشـرات الأخرى يرقاتها مباشرة على الروث ؛ مثل الأفراد التابعة لمجموعة Sarcophagidae .

وعند تراكم كميات من روث الأبقار ، تقوم بعض الخنـافس (مثـل *Aphodius*) بحفر أنفاق داخلها ؛ حيث تدخل هذه الأنفاق عديدٌ من الحيوانات الصغيرة من مفصليات الأرجل . ويؤثر وجود الخنافس - وغيرها من مفصليات الأرجل - على نمو عشـائر الفطريات فى الروث ، سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشر .

فعلى سبيل المثال ، تقوم الحشرات بنقل جراثيم وهيفات أنواع عديدةٍ من الفطريات إلى بيئة الروث ، كما تتغذى هذه الحشرات على ميسليوم وجراثيـم وأجسـام الفطـر الثمرية النامية على الروث . وتسبب الحشرات تغيير بيئة الروث ؛ حيث تسـرع مـن تحلل الروث ، وتُحسّن التهوية داخله ، كما تساعد على تجانس خلط مكوناته ، وأيضـاً تشجع نمو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى كالبكتيريا . ومن ناحية أخرى تتغذى بعـض هذه الحشرات على النيماتودا النامية فى الروث.

ولقد تمت دراسة تأثير مفصليات الأرجل على روث الحيوانات الاكلـة العشـب ،

وعلاقة ذلك بفطريات الروث . ففى تجربة معملية (Breymeyer et al , 1975) تمت اضافة عدد مختلف من يرقات الحشرات الثنائية الأجنحة من مجموعة Scarabaeida و Anthomyidae الى عشرة جرامات من كتل براز الغنم .

وبعد ستة أيام من التحضين ، تم عد المستعمرات الفطريـة باستعمال طريقة الأطباق المصبوبة ؛ حيث أظهرت النتائج أن عدد المستعمرات الفطرية فى كتل براز الغنم – الذى أضيفت إليه ٢٠ يرقة – انخفض الى الثلث ، بالمقارنة بالعدد الموجود فى كتل براز الغنم دون يرقات .

وفى تجربة حقلية على روث الماشية فى الولايات المتحدة ، قدر Lussenhop et al (1980) الكتلة الميكروبية عن طريق تقدير أطوال الهيفات الفطرية وعدد الخلايا البكتيرية ؛ وذلك فى وجود الأطوار الكاملة لحشرة *Aphodius* ، وأيضا فى عدم وجودها ؛ حيث أظهرت النتائج انخفاض كتلة هيفات فطريات الروث فى وجود الحشرة، وخاصة عند وجود الروث فى منطقة كثيفة الأعشاب ؛ ويرجع ذلك إلى تغذية هذه الحشرات على هيفات الفطريات .

٨ – ظاهرة التضافر Synergistic phenomena :

قد يعمل نمو بعض العشائر الفطرية على تشجيع نمو عشائر فطريات أخرى أو زيادة قدرتها على تكوين تراكيبها الجرثومية على كتل روث الحيوانات الاكلة العشب . ومن أمثلة ذلك العلاقة بين الفطر الأسكى *Viennotidia fimicola* ، والفطر الأسكى *Eurotium repens* .

ويتميز الفطر *V. fimicola* بتكوين أجسام ثمرية دورقية الشكل perithecia ، صغيرة الحجم ، ذات عنق طويل ينتهى بفتحة مغطاة بشعيرات قصيرة . وتخرج الجراثيم الأسكية من فوهة فتحة الجسم الثمرى على هيئة قطرة لزجة .

ويوجد هذا الفطر فى الطبيعة على كتل براز الأرانب ، وعلى روث الماشية على صورة أجسام ثمرية دورقية ، ولكن عند نموه على البيئات الغذائية فى المعمل فإنه يكون هيفات مقسمة وكونيديات قارورية phialoconidia ، ولكنه لا يكون الأجسام الثمرية الأسكية على البيئات الغذائية إلا نادرا .

ولقد وجد Cain & Weresub (1957) أن هذا الفطر يمكنه تكوين الأجسام الثمرية الأسكية بوفرة على البيئات الغذائية فى المعمل إذا نما معه الفطر *Eurotium repens*. وعند إضافة مترشح البيئة النامى عليها فطر *E. repens* الى البيئة النامى عليها الفطر *V. fimicola* يزداد نموه الميسليومى ، ولكن لم تؤد هذه المعاملة الى تشجيع تكوين الأجسام الثمرية الأسكية .

ولا يعتبر الفطر *E. repens* من فطريات الروث ، ولكن عند إعادة هذه التجربة باستعمال كتل براز الأرانب المعقمة المعاد تجهيزها (copromes) ، وحقنها بالفطر *V. fimicola* فى وجود بعض فطريات الروث الأخرى ، أدى ذلك الى تشجيع الفطر السابق وتكوينه للأجسام الثمرية الأسكية القارورية .

ولقد حاول بعض الباحثين دراسة هذا العامل الذى يشجع الفطر *Viennotidia fimicola* على تكوين ثماره الأسكية الدورقية ؛ حيث وجد أنه مترشح خال من الخلايا يمكنه المرور من خلال أنابيب الفصل الغشائى dialysis tubing . وعلى الرغم من تحديد هذا العامل المشجع لتكوين ثمار الفطر ، إلا أن ذلك يدل على احتياج الفطر إلى مواد إضافية خارجية تفرزها بعض الفطريات الأخرى التى تشجعه على تكوين أجسامه الثمرية .

ومن الأمثلة الأخرى التى توضح ظاهرة التضافر ، تشجيع تجرثم فطر قاذف القبعة بواسطة مادة الكوبروجين coprogen ؛ حيث يستطيع هذا الفطر (*Pilobolus*) النمو على بيئة أجار مستخلص الروث مكونا تراكيبه الجرثومية ، ولكن يقل هذا النمو كثيرا على البيئات الصناعية .

ولكن أمكن تشجيع نمو هيفات هذا الفطر وتكوين أكياسه الأسبورانجية على البيئات الغذائية الصناعية ؛ وذلك بإضافة بعض المواد المشجعة للنمو ؛ مثل : الثيامين thiamine، والهيمين haemin، والكوبروجين coprogen، والأخير عبارة عن مركب حديدى عضوى organo-iron compound (Sideramine) ، تنتجه بعض الفطريات والبكتيريا النامية طبيعيا فى الروث .

ولقد أظهرت الدراسات أن مادة الكوبروجين تلعب دورا مهما فى تغذية فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية امتصاص الحديد ونقله ؛ حيث يؤدى ذلك الى زيادة نمو هيفات الفطر وتكوين الأكياس الغذائية trophocysts والأكياس الأسبورانجية sporangia.

وحيث ان تكويـــن الأكيـــاس الأســـبورانجية لفطـــر قـــاذف القبعـــة *Pilobolus crystallinus* على كتل براز الأرانب يقل مع الوقت ، فلقد اعتقد الباحثان Harper & Webster (1964) أن ذلك يرجـــع إلى انخفاض مستوى مـــادة الكوبروجيـــن فـــى الروث. وعلى الرغم من ذلك ، لم يتأثر نمو هذا الفطر ولا تكوينه للأكياس الغذائية ولا للأكياس الأسبورانجية عند استعمال كتل من براز الأرانب القديمة فى تجهيز الـــروث الصناعى .

ومن ناحية أخرى ، اكتشف الباحث Page (1959) علاقة تجرثم الفطـــر قـــاذف القبعة *Pilobolus* بتركيز الأمونيا فى البيئة التى ينمو فيها ، فعند نمو الفطر *P. kleinii* فى مزرعة نقية كان معدل تكوينه للأكياس الأسبورانجية محـــدودا ، وعندما تلوثت هذه المزرعة بالفطر *Mucor plumbeus* زادت قدرة فطر قـــاذف القبعـــة علـــى تكويـــن الأكياس الغذائية والأكياس الأسبورانجية .

وعند البحث عن العامل الذى شجع هذا الفطر على تكوينه لتراكيبـــه الجرثوميـــة ، وجد أنه عبارة عن أمونيا متطايرة volatile ammonia ناتجة من تحلل الأســـباراجين الموجود فى البيئة الغذائية عن طريق نمو هيفات الفطر *M. plumbeus* .

ثم وجد Singh & Webster (1972) بعد ذلك أن الفطر *M. plumbeus* يمكنـــه تشجيع تكوين الأكياس الإسبورانجية لفطر قاذف القبعة *P. kleinii* على روث الخيل . وعلى الرغم من اختبار تسعة أنواع تابعة للجنس *Mucor* ، فإن نوعاً واحداً فقط (هو *M. plumbeus*) هو الذى سبب زيادة تكوين الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة.

عاشراً - المراجع References :

Alexopoulos. C. J. (1962) . Introductory Mycology. 2nd ed. Wiley. New York

Angel. K. and D. T. Wicklow (1975) . Relationships between coprophilous fungi and facal substrates in a Colorado grassland. Mycologia. 67 : 63 - 74 .

Barron. G. L. (1977) . The nematode-destroying fungi. Topics in Mycology - Canadian Biological Publications. Guelph .

Birkby. K. M. and T. F. Preece (1988) . Calcium oxalate crystals on the sporangium of *Pilobolus*. The Mycologist 2(2) : 68 - 69 .

Breymeyer. A. : H. Jakubczyk. and E. Olechowicz (1975) . Influence of coprophagous arthropods on microorganisms in sheep feces laboratory investigations. Bull. Acad. Pol. Sci. . Serie Sci. Biol. 23 : 257 - 262 .

Bruckner, H. and C. Reinecke (1989) . Chromatographic assays for the rapid and sensitive detection of peptaibol mycotoxins (antibiotics) in filamentous fungi. J. High Resol. Chrom. 2 : 113 - 116 .

Cain, R. F. and L. K. Weresub (1957) . Studies of coprophilous ascomycetes. II *Sphaeronaemella fimicola*. Cand. J. Bot. 35 : 119 - 131 .

Dickinson, C. H. and V. H. S. Underhay (1977) . Growth of fungi in cattle dung. Trans. Brit. mycol. Soc. 69 : 473 - 477 .

Dix, N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology, VIII. Coprophilous fungi pp. 203 - 224 . Chapman and Hall, England.

Eliasson, U. and N. Lundqvist (1979) . Fimicolous myxomycetes Botanisker Notiser 132 : 551 - 568 .

Harper, J. E. and J. Webester (1964). An experimental analysis of the coprophilous fungus succession. Trans. Br. mycol. Soc. 47 : 511 - 530 .

Harrower, K. M. and L. A. Nagy (1979) . Effects of nutrients and water stress on growth and sporulation of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 72 : 459 - 462

Hudson, H. J. (1986) ..Fungal biology. VI. Fungi.as inhabitants of animal faeces. pp. 146 - 158 . Edward Arnold (Ed.) . USA.

Ikediugwu, F. E. O. (1976) . Ultrastructure of hyphal interference between *Coprinus heptemerus* and *Ascobolus crenulatus*. Trans. Br. mycol. Soc. 66 : 281 - 290 .

Ikediugwu, F. E. O. and J. Webster (1970) . Hyphal Interference in range of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 54 : 205 - 210 .

Ingold, C. T. and M. H. Zoberi (1963) . The asexual apparatus of Mucoreales in relation to spore liberation. Trans. Br. mycol. Soc. 46 : 115 - 134 .

Kuthubutheen.A. J. and J. Webster (1986 a) . Water availabitity and the coprophilous fungus . Trans. Br. mycol. Soc. 86 : 63 - 76 .

Kuthubutheen, A. J. and J. Webster (1986 b) . Effects of water availability on germination, growth and spoulation of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 86 : 77 - 91 .

Larsen, K. (1971) . Danish endocoprophilous fungi, and their sequence of occurrence. Botanisk Tidsskrift. 66 : 1 - 32 .

Lodha, B. C. (1974) . Decomposition of digested litter in biology of plant litter decomposition (ed. C. H. Dickinson and G. J. F. Pugh) . Academic Press. London pp. 213 - 241 .

Lussenhop, J. ; R. Kumar ; D. T. Wicklow and J. E. Lloyd (1980) . Insect effects on bacteria and fungi in cattle dung. Oikos. 34 : 54 - 58 .

Massee, G. and E. S. Salmon (1901) . Researches on coprophilous fungi I. Annals of Botany. 15 : 313 - 357 .

Massee, G. and E. S. Salmon (1902) . Researches on coprophilous fungi II. Annals of Botany. 16 : 57 - 63 .

Nicholson, P. B. ; K. L. Bocock and O. W. Heal (1966) . Studies on the decomposition of faecal pellets of a millipede (*Glomeris marginata* (Villes)) . J. Ecology. 54 : 755 - 766

Page, R. M. (1959) . Stimulation of sexual reproduction of *Pilobolus* by *Mucor plumbeus*. Am. J. Bot. 46 : 579 - 585 .

Richardson, M. J. (1972) . Coprophilous ascomycetes on different dung types. Trans. Br. Mycol. Soc. 58 : 37 - 48 .

Richardson, M. J. and R. Watling (1968) . Keys to fungi on dung. Bulletin of the British mycol. Soc. 2 : 18 - 43 .

Richardson, M. J. and R. Watling (1969) . Keys to fungi on dung. Bulletin of the British mycol. Soc. 3 : 86 - 88 and 121 - 124 .

Safar, M. H. and R. C. Cooke (1988) . Exploitation of faecal resource units by coprophilous ascomycetes. Trans. Br. mycol. Soc. 90 : 593 - 609 .

Singh, N. and J. Webster (1972) . Effect of coprophilous species of *Mucor* and Bacteria on sporangial production of *Pilobolus*. Trans. Br. mycol. Soc. 59 : 43 - 49.

Singh, N. and J. Webster (1973) . Antagonism between *Stilbella erythrocephala* and other coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 61 : 487 - 495 .

Webster, J. (1970) . Coprophilous fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. 54 : 161 - 180 .

Wicklow, D. T. and B. J. Hirschfield (1979) . Evidence of a competitive hierarchy amoung coprophilous populations. Can. J. Microbiology. 25 : 855 - 858 .

Wicklow, D. T. and D. Malloch (1971) . Studies in the genus *Thelebolus*. Temperature optima for growth and ascocarp development. Mycologia. 63 : 118 - 131 .

Wicklow, D. T. and V. Moore (1974) . Effect of incubation temperature on the coprophilous fungus succession. Trans. Brit. Mycol. Soc. 62 : 411 - 415 .

Wicklow, D T. ; C. O. P. Angel and J. Lussenhop (1980) . Fungal community expression in lagomorph versus ruminant faces. Mycology, 72 : 1012 - 1021 .

Wood, S. N. and R. C. Cooke (1984) . Use of seminatural resource units in experimental studies on coprophilous fungi. Trans. Br. Mycol. Soc. 83 : 337 - 339 .

Wood, S. N. and R. C. Cooke (1986) . Effect of *Piptocephalis* species on growth and sporulation of *Pilaira anomala*. Trans. Br. Mycol. Soc. 83 : 337 - 339 .

Yao, Y. J. and B. M. Spooner (1995) . The dung fungus *Podospora granulostriata* (Lasiosphaeriaceae) , new to Britain - Mycologist 9(3) : 98 - 100 .

الباب السابع



فطريات الرماد

الباب السابع
الفطريات المنبعثة من الرماد
Phoenicoid fungi

مقدمة :

زعم قدماء المصريين وجود طائر خرافى يسمى العنقاء phoenix ، يُعمرّ خمسة قرون أو ستة ، وعندما يهرم يحرق نفسه ، ثم ينبعث مرةً أخرى من رماده وهو أتم ما يكون شباباً وجمالاً . ويعتبر العنقاء من أقدم مخلوقات الخيال الإنسانى ، وهو رمز للبعث المستمر والخلود .

وعلى الرغم من هذه الأسطورة القديمة لطائر العنقاء، فإن هناك فطريات تنمو من الرماد المتخلف عن حرق النباتات والأشجار ، وخاصة تلك الحرائق التى تدمر الغابات فى كثير من مناطق العالم ؛ حيث يطلق على هذه الفطريات اسم الفطريات المنبعثة من الرماد " phoenicoid fungi " ؛ نسبة إلى هذه الخرافة .

ويتبع هذه المجموعة من الفطريات ، بعض الأنواع التابعة لطائفة الفطريات الأسكية Ascomycetes ، وبعض الفطريات البازيدية من مجموعة عيش الغراب النموذجية agarics ، والتى تظهر ثمارها على الرماد المتخلف عن حرق النباتات . ويقصد بالاصطلاح " phoenicoid fungi " تلك الفطريات المنبعثة من الرماد arising from the ashes ؛ حيث يرجع استعمال هذا المصطلح إلى الباحثين Carpenter & Trappe (1985) .

وقد تستخدم مصطلحات أخرى للدلالة على هذه المجموعة من الفطريات ؛ مثال ذلك : pyrophilous fungi ؛ ويقصد به الفطريات النامية على الأرض المحترقة growing on burnt ground ، وكذلك المصطلح anthracophilous fungi ؛ ويقصد به الفطريات التى يزداد تجرثمها فى المناطق المحترقة

carbonicolous fungi ، والمصطلـــح sporulation favoured by burnt areas ؛ ويقصد به الفطـــريات التى تعيش على الأرض المحترقـــة living on burnt ground.

ومن المألوف ظهور حرائق فى المسطحات المزروعة ومناطق الغابـــات ؛ ســـواء عمدًا للتخلص من الأشجار الميتة وبقايا الفروع والأوراق المتساقـــطة علـــى الأرض ، أم عن طريق عوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها مثل الصواعق ، أو تكويـــن مـــواد قابلةٍ للاشتعال تسهل حدوث حرائق قد تكون مدمرة لمساحات شاسعة مـــن الغابـــات . وتشتهر بعض الغابات بظهور مثل هذه الحرائق الطبيعية ، وخاصـــة خـــلال فـــترات الجفاف ، كما هى الحال فى غابات الصنوبر المترامية الأطـــراف بجنـــوب الولايـــات المتحدة .

ولقد درست العشائر الفطرية التى استطاعت النمو بعد انتهاء مثل هـــذه الحرائـــق المدمرة فى الغابات ، وأيضًا الحرائق التى يوقدها الانســـان للتخلـــص مـــن مخلفـــات الأشجار الميتة والفروع المتساقطة على الارض فى المروج والحدائق ، وكذلك الحرائق الناتجة عن الثورات البركانية ، والتى تصب حممها على الكســـاء النبـــاتى بمختلـــف أنواعـــه .

ويتوقف مدى التأثير الضار الناتج من مثل هذه الحرائق على مدة اشتعالها وشدتها ؛ حيث يختلف ذلك التأثيـــر اختـــلافا معنويًا من ناحيـــة تأثيـــره علـــى التراكـــيب الفطرية الموجـــودة تحت ســـطح الأرض ، أو فى الجذور المدفونة فى أعماق التربة .

ففى الحرائق الطبيعية التى تشتعل فى الغابات ، تحترق الأشجـــار وغيرهـــا مـــن النباتات وتدمر ، ولا تترك النيران سوى جذوع خشبية محترقة ورمـــادٍ علـــى ســـطح الأرض ، بينما لا يتعمق تأثير هذه النيران الحرارى إلا لمسافةٍ محدودةٍ جدًا تحت سطح الأرض لا تتعدى عدة سنتيمتراتٍ .

وعلى العكس من ذلك ، ففى الأماكن التى يتم فيها تجميع الأوراق الجافة والفـــروع التالفة المتساقطة من الأشجار فى أكـــوام كبيـــرةٍ لحرقها فى الخـــلاء ، فـــإن درجـــة الحرارة الناتجة من الاشتعال – وخاصة داخل مركز هذه الكومة – قـــد تصـــل إلـــى درجـــات حرارة عاليةٍ ، كما أن حرارة سطح التربة أسفل هذه الكومة المحترقـــة قـــد تصل إلى حوالى ٥٠٠°م أو أكثـــر ؛ حيث يتراكم الرمـــاد المتخلف عن حـــرق هـــذه المخلفات النباتية .

ولقد قسم Peterson (1970) سطح التربة المعرض لحرق مثل هذه المخلفات النباتية إلى خمس طبقات ، هى :

١ – طبقة الرماد الأبيض White ash layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين نصف سنتيمتر وأربعة سنتيمترات .

٢ – طبقة الرماد الأسود المحتوية على المواد العضوية المتفحمة Black ash layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وأربعة سنتيمترات .

٣ – طبقة الدبال الخام Raw humus layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وسبع سنتيمترات .

٤ – طبقة الرمال الرمادية المحمرة Reddish-grey sand layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين أربعة سنتيمترات و ١٣ سنتيمترا .

٥ – طبقة الرمال الصفراء Yellow sand layer : وهى تقع أسفل الطبقة السابقة .

أولا : التغيرات الكيميائية والطبيعية والحيوية فى التربة بعد تعرضها للحريق :

تشمل التغيرات الكيميائية المصاحبة لحرق مخلفات الأشجار زيادة فى رقم حموضة التربة ، يصاحبها ارتفاع كمية الأملاح المتراكمة فوق سطح التربة بعد انتهاء حرق هذه المواد العضوية . ويصل رقم الحموضة فى طبقة الرماد الأبيض إلى ٩,٨ – ١٠,٢ (Peterson, 1970) ، بينما سجل باحثان اخران زيادة فى رقم الحموضة تصل إلى ٣ – ٥ وحدات عن الحالة الطبيعية بعد انتهاء الحريق وتراكم الرماد المتخلف عنه .

وترجع زيادة رقم الحموضة pH - value فى منطقة الرماد الأبيض المتراكم على سطح التربة بعد الحريق إلى وجود كميات كبيرة من الأملاح الناتجة عن حرق المخلفات النباتية ؛ حيث تعطى تأثيرا قاعديا عند ذوبانها فى ماء التربة . ومن أمثلة هذه الأملاح ، أملاح الكربونات والفوسفات .

وعند سقوط الأمطار ، تذوب هذه الأملاح وتتخلل الطبقة السطحية من التربة ؛ ويؤدى ذلك إلى ارتفاع رقم حموضة التربة فى طبقة الدبال الخام الموجودة فى الطبقة

السفلى من التربة . وينتج عن ارتفاع رقم الحموضة زيادة أعداد العشائر البكتيرية ؛ مثال ذلك : البكتريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا N$_2$-fixing bacteria من الاجناس *Azotobacter* ، و *Clostridium* (Ahlgren, 1974) .

وتنتج هذه الطبقة البيضاء من الرماد المتخلف عن الحرق الكامل لفروع الأشجار ، والتى تتميز بمحتواها العالى من العناصر المعدنية ، أكثر مما تحتوى عليه المخلفات النباتية الأخرى مثل أوراق الأشجار . وعند ذوبان هذه العناصر المعدنية فى مياه الأمطار ، فإن تركيزها على سطح التربة يتناقص بدرجات متفاوتة ؛ وذلك يتوقف على معدل ذوبان الأملاح المختلفة فى الماء . فالأملاح السهلة الذوبان يقل تركيزها على الطبقة السطحية من التربة أسرع من الأملاح القليلة الذوبان ، ويتخلل الماء المحتوى على هذه الأملاح الذائبة طبقات التربة ، حتى يصل إلى طبقة الدبال تحت السطحية .

فعلى سبيل المثال ، تنقص أملاح الكاربونات والكبريتات والكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء تدريجيا من على سطح التربة ؛ بحيث تختفى خلال عام واحد من حرق مخلفات النباتات التى تم حرقها ، بينما تبقى أملاح أخرى – لسنوات طويلة – متراكمة على سطح التربة ؛ مثل أملاح كربونات الهيدروجين hydrogen carbonate التى تبقى لمدة تزيد على ثلاثة أعوام .

ويحتوى الرماد الأبيض – عادة – على كميات كبيرة من الكالسيوم ، معظمها على صورة أملاح الهيدروكلوريك القابلة للذوبان فى الماء ، بينما يكون الكالسيوم بعض الأملاح غير القابلة للذوبان فى الماء مثل أملاح الكربونات والفوسفات والكبريتات ، بالإضافة إلى أملاح الأكسيدات والهيدروكسيدات . وتقل كمية أملاح الكالسيوم القابلة للذوبان فى الماء إلى الربع بعد حوالى ٣ سنوات من حرق مخلفات الأشجار .

ومن الأملاح الأخرى – التى يحتوى عليها الرماد الأبيض – كميات كبيرة من أملاح الهيدروكلوريدات ، والفوسفات القابلة للذوبان فى الماء بعد الحرق مباشرة . وتقل هذه الكمية إلى النصف بعد حوالى ثلاث سنوات ، وهكذا الحال فى أملاح الماغنسيوم . أما أملاح البوتاسيوم والصوديوم ، فأنها سرعان ما تذوب فى الماء ويقل تركيزها فى الرماد المتراكم على سطح الأرض .

وعلاوة على ما سبق ، تحدث تغيرات طبيعية فى مناطق حرائق الغابات الطبيعية ؛ حيث ترتفع ألسنة اللهب لتحرق قمم الأشجار ، وتتساقط بعض هذه الأشجار المشتعلة على سطح الأرض ؛ مما يعمل على زيادة معدل الإشعاع الحرارى . كما يتم تدمير الكساء النباتى الذى يغطى سطح الأرض ، ويغطى بطبقة من الرماد الأسود المتفحم الناتج من حرق المواد العضوية . ويعمل الرماد الأسود على زيادة امتصاص الحرارة وتقليل الإشعاع الحرارى .

ويتسبب التأثير الحرارى السابق فى رفع درجة حرارة التربة ، كما يسبب تدمير الكساء النباتى زيادة تعرض سطح التربة للأمطار ، ويزداد معدل جريان مياهها على السطح ، ويقل معدل تسرب الماء إلى داخل التربة . كما تتأثر الأحياء التى تنمو تحت سطح التربة ، وخاصة تلك التى تحفر أنفاقا داخلها ؛ مما يقلل من نفاذية التربة .

ويجب أن نفرق بين تأثير الحرائق البسيطة أو الدورية التى قد يتصادف حدوثها بين الحين والاخر ، والحرائق الأخرى ذات التأثيرات الحرارية المرتفعة الناتجة من تجميع مخلفات الأشجار وحرقها فى أكوام . وتجرى عملية حرق هذه المخلفات النباتية – عادة – فى نهاية فصل الخريف ؛ حيث تجمع الأشجار الميتة والفروع المتساقطة وأوراق الأشجار ؛ وذلك للتخلص من مثل هذه المواد القابلة للاشتعال ؛ بحيث يتم تجنب أخطار حدوث الحرائق المدمرة فى الغابات .

ويختلف تأثير هذه الحرائق على جراثيم فطريات التربة ؛ حيث يتحمل بعضها ارتفاع درجات الحرارة ؛ مثال ذلك الجراثيم الأسكية لبعض فطريات التربة ، بل إن بعض هذه الجراثيم تحث على الإنبات نتيجة تعرضها للحرارة المرتفعة . كما تتميز بعض الفطريات بتكوين أجسامها الثمرية بعد انتهاء حرائق الغابات ؛ مثال ذلك : تكوين الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة التابعة لرتبة Pezizales ، وبعض الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب فى الغابات المحترقة .

وتلعب بعض العوامل الطبيعية دورا هاما فى تحديد نوعية الفطريات التى تبقى محتفظة بحيويتها بعد انتهاء مثل هذه الحرائق المدمرة ؛ مثال ذلك طبيعة الأحجار المتناثرة فوق سطح التربة ، وعمق طبقة الدبال أسفل سطح التربة . وبالإضافة إلى ما سبق ، تؤثر بعض العوامل الحيوية فى تحديد الفطريات النامية من الرماد ؛ مثل نوع الكساء النباتى الذى يغطى سطح التربة .

ويعتمد تأثير العوامل الجوية على وقت حدوث الحريق بالنسبة إلى الفصل من السنة ، ومعدل سقوط الأمطار ، وغير ذلك من العوامل . وتظهر الأجسام الثمرية الأسكية والبازيدية بعد أيام قليلة ، وربما بعد أسابيع من أنتهاء الحريق ، بينما تظهر بعض الأجسام الثمرية بعد عدة شهور ، ويتوقف ذلك أيضا على نوع الفطر ، ومدى تحمله للحرارة العالية .

ثانيا : تقسيم الفطريات المنبعثة من الرماد :

قسم Peterson (1970) الفطريات المنبعثة من الرماد إلى أربع مجموعات :

المجموعة الأولى :

تشمل أنواعا من الفطريات التى تكون أجسامها الثمرية على التربة المحترقة ؛ مثال ذلك : الفطريات *Anthracobia* spp. ، و *Peziza anthracima* ، و *Ascobolus carbonarius* ، و *P. echinospora* ، و *P. petersii* ، و *Sphaerosporella hinnulea* ، و *Trichophaea abundans* ، و *Geopetalum carbonarum* ، و *Pholiota carbonaria* ، و *Tephrocybe carbonaria* .

المجموعة الثانية :

تشمل أنواع الفطريات التى تنمو على الأرض المحترقة ، وقد ينتشر بعضها فى الأراضى غير المحترقة ذات الظروف السيئة ؛ مثال ذلك الفطريات : *Geopyxis carbonaria* ، و *Peziza atrovinosa* ، و *Octospora* spp. ، و *Trichophaea gregaria* ، و *P. praetervisa* ، و *T. hemisphaeridoides* .

المجموعة الثالثة :

تشمل أنواع الفطريات التى تنمو على الأرض المحترقة تحت الظروف الطبيعية . بينما قد تنمو بعض الأنواع تحت ظروف خاصة على الأرض غير المحترقة . ومن أمثلة هذا الفطريات : الفطر *Rhizina undulata* وهو يتبع الفطريات الأسكية ذات الثمار المفتوحة Discomycetes ، والفطر *Coprinus angulatus* والفطر *Omphalia maura* ؛ وهما من الفطريات البازيدية رتبة الأجاريكالات Agaricales .

المجموعة الرابعة :

تشمل أنواع الفطريات التى تنمو - احيانا - على الارض المحترقة . ولكنها شائعة الانتشار على الاراضى غير المحترقة .

ولقد درس Peterson (1970) وقت ظهور الأجسام الثمرية للفطريات المنبعثة من الرماد ، والتى أطلق عليها المصطلح Phenology (time of appearance) ؛ حيث قام بتسجيل ظهور هذه الأجسام الثمرية على مدى ثلاث سنوات فى المناطق التى تعرضت للحريق، وأعطت النتائج المتحصل عليها تصورا جيدا للمعدل الموسمى لتكوين الأجسام الثمرية لهذه الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، ارتبط المعدل النسبى لظهور الأجسام الثمرية الأسكية للفطر *Anthracobia melaloma* بالرطوبة النسبية . كما شملت الدراسة السابقة أربعة أنواع من فطريات عيش الغراب ؛ هى : *Myxomphalia maura* ، و *Geopetalum carbonarium* ، و *Ripartites tricholoma* ، و *Tephrocybe carbonaria* ؛ حيث ظهرت هذه الفطريات خلال فصل الخريف .

كما ظهرت فطريات أخرى خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث توفرت الرطوبة الكافية لتكوين أجسامها الثمرية ، مثال ذلك الفطريات : *Geopyxis carbonaria* ، و *Coprinus angulatus* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* .

ولقد وجد أن معظم فطريات الرماد تميل إلى تكوين أجسامها الثمرية خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث تعزى قلة ظهور هذه الفطريات خلال فصل الصيف إلى انخفاض الرطوبة النسبية . كما تختلف هذه الفطريات - فيما بينها - فى الزمن اللازم مروره بعد انتهاء الحريق لكى تكون ثمارها ، وكذلك المدة التى يستمر فيها الفطر مثمرا .

شكل (٧ – ١) : بعض الفطريات المنبعثة من الرماد التابعة للفطريـــات الأســكية ذات الأجســـام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Anthracobia macrocystis*
2 - *A. maurilabra*
3 - *A. melaoma*
4 - *A. uncinata*
5 - *Ascobolus carbonarius*
6 - *Geopyxis carbonarius*
7 - *Peziza echinospora*
8 - *P. petersii*
9 - *P. praetervisa*
10 - *P. proteana*

ولقد قسمت هذه الفطريات إلي أربعة أقسام :

المجموعة الأولي :

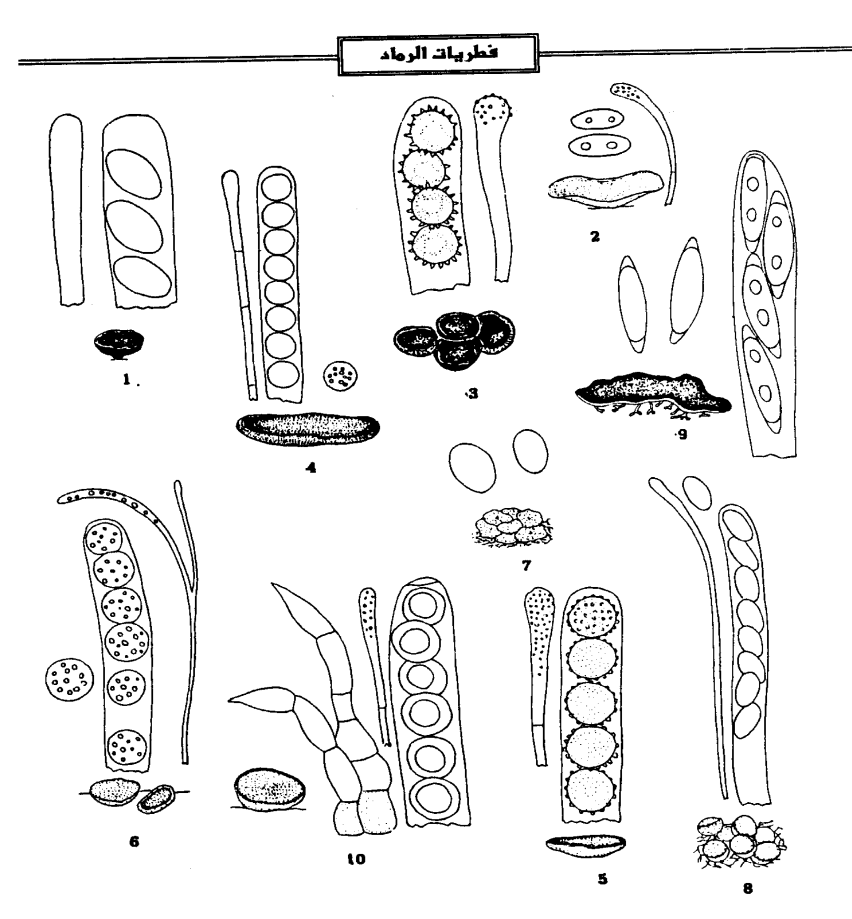
فطريات تكون ثمارها بعد سبعة أسابيع من انتهاء الحريق ، وتنتهى من تكوين ثمارها بعد حوالى ٤٠ أسبوعا ؛ مثال ذلك فطريات : *Anthracobia* spp، و *Trichophaea abundans* .

المجموعة الثانية :

تضم مجموعة متباينة من الفطريات التى تكون ثمارها بعد ١٠ - ١٥ أسبوعا من انتهاء الحريق . وتختلف المدة التى تستمر فيها هذه الفطريات مثمرة اختلافا كبيرا تبعا لنوع الفطر . فعلى سبيل المثال لا تزيد هذه المدة على ١٠٠ أسبوع فى الفطر *Peziza trachycarpa* ، بينما تصل إلى ١٥٠ أسبوعا فى الفطر *P. praetervisa* ، وتزيد على ١٥٠ أسبوعا فى الفطر *Tephrocybe carbonaria* ، وتصل إلى ١٩٠ أسبوعا فى الفطر *Pholiota carbonaria* .

المجموعة الثالثة :

تحتاج فطريات هذه المجموعة إلى حوالى ٢٠ - ٥٠ أسبوعا لكى تكون ثمارها، وتستمر قادرة على تكوين الثمار لفترة تتراوح بين ١٣٠ أسبوعا و ٢٠٠ أسبوع . وتضم هذه المجموعة نوعين من الفطريات ؛ هما : *Peziza endocarpoides* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* .



شكل (٧ – ٢) : بعض الفطريات المنبعثة من الرماد التابعة للفطريـــات الأســكية ذات الأجســـام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Peziza sepiatra* 2 - *P. violacea*
3 - *Plicaria anthracina* 4 - *P. leicarpa*
5 - *P. trachycarpa* 6 - *Pulvinula convexella*
7 - *Pyronema domesticum* 8 - *P. omphalodes*
9 - *Rhizina undulata* 10 - *Sphaerosporella brunnea*

المجموعة الرابعة :

تحتوى هذه المجموعة أيضا على فطريات متباينة ، وتشمل أنواعا لا تكون ثمارها – عادة – إلا بعد حوالى ٥٠ أسبوعا من انتهاء الحريق ، وتظل قادرة على تكوين ثمارها لفترة تصل إلى ١٥٠ أسبوعا . ومن أمثلة هذه الفطريات *Ripartites tricholoma* ، وقد تستمر بعض هذه الفطريات فى تكوين ثمارها لفترة تصل إلى ٢٠٠ أسبوع ؛ مثال ذلك الفطر *Myxomphalia maura* .

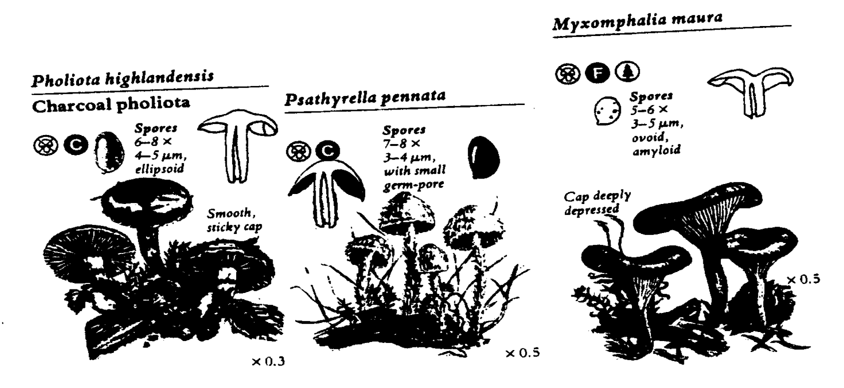
وبالإضافة إلى ما سبق ، تشمل هذه الفطريات الفطر *Neotiella hetieri* ، والفطر *Octospora* spp. الذى تتواجد ثماره الأسكية المفتوحة على طبقة الأشن والطحالب moss carpet النامية على سطح التربة فى أرضية الغابة .

ويعتبر توزيع الأجسام الثمرية للفطريات المنبعثة من الرماد ممثلا لتوزيع ميسليوم الفطر فى التربة التى تعرضت للحريق . ولقد وجد Peterson (1971) أنه بعد انتهاء الحرائق الطبيعية فى غابات الدانمرك ، ظهرت الأجسام الثمرية للفطر *Anthracobia maurilabra* فى الأماكن المنخفضة من سطح الأرض ، والتى تحاط بجذوع الأشجار المتفحمة .

وعادة ما تنمو هيفات الفطر وأشكاله الجذرية (الريزومورفات rhizomorphes) على جذور الأشجار التى تعرضت للحريق ؛ حيث تنتشر رأسيا فى عمق التربة ؛ مخترقة طبقة الدبال ، إلى أن تصل إلى الطبقة السفلى من التربة . ومن أمثلة هذه الفطريات : *A. macrocystis* ، و *G. carbonaria* ، و *P. praetervisa* .

ولقد وجد Moser (1949) أن الفطر *G. carbonaria* ينمو على الأوراق الإبرية المحترقة لأشجار الصنوبريات ، بينما تنمو فطريات أخرى فى التربة المحترقة على الجذور المحتفظة بحيويتها ؛ مثال ذلك الفطر *Rhizina undulata* ؛ وهو من الفطريات الشائعة النمو فى غابات الصنوبر المحترقة ؛ حيث ينمو هذا الفطر فى التربة الحمضية . ويمكن مشاهدة النمو الميسليومى ذى اللون الأصفر المتميز لهذا الفطر نامية على طبقة الدبال الخام ، وأيضا على الجذور الحية لأشجار الصنوبر التى يحتمل أن يكون متطفلا عليها ؛ حيث تنمو الأشكال الجذرية خلال طبقة

الـــدبـــال بيـــن الأشـــجـــار ، وتـــقـــوم بعـــــدوى الجـــذور الأخـــــرى الســـليمـــة . (Jalaluddin, 1967 a,b)

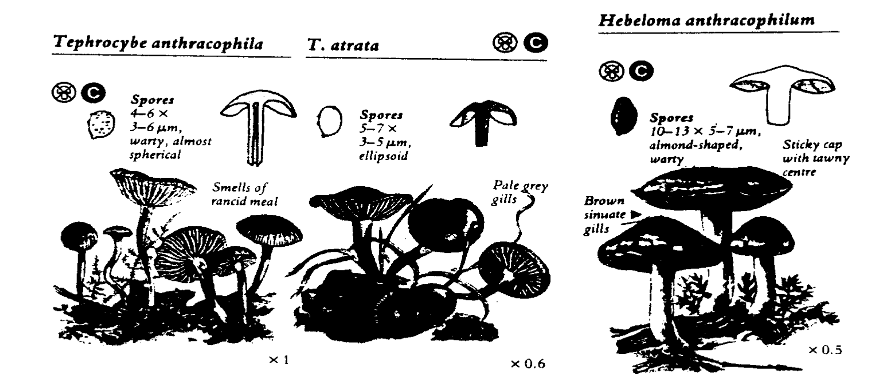


شكل (٧ – ٣) : أمثلة لبعض فطريات عيش الغراب المنبعثة من الرماد .

أ = الفطر *Myxomphalia maura* : تظهر ثماره عادة فى غابات الأشجار المخروطية السابق تعرضها للحريق . قــطر القبعة يتراوح بين ٢ و ٤ سنتيمترات لونها أخضر داكن يميل إلى اللون الرمادى والخياشيم بيضاء اللون . الرائحـــة تشبه رائحة الفاكهة . تظهر الثمار فى الفـــترة مـــن شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

ب = الفطر *Psathyrella pennata* : تتميز ثــمار هذا الفطر بـــالحراشيف التى تغطى الســـاق والقبعة . القبعة قطـــرها يتـــراوح بيـــن ســـنتيمتر واحـــد وثلاث سنتيمترات ذات لون أصفر والخياشيم : بيضـــاء تتحـــول إلى اللون البنى المـــسود . تظهر الثمار فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر.

جـ = الفطر *Pholiota highlandensis* : يعرف هذا الفطر أيضاً تحت اسم *P. carbonaria* . يكوّن الفطر تجمعات من ثمار عيش الغراب . القبعة : يتراوح قطرها من ٢ – ٧ سنتيمترات ، مسطحة ، ملساء ذات لـــون بنى . الخياشيم متزاحمة بنية اللون . تظهر الثمار فى الفترة من شـــهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر.



تابع شكل (٧ – ٣) : أمثلة لبعض فطريات عيش الغراب المنبعثة من الرماد .

د = الفطر *Hebeloma anthracophilum* : تتميز ثمار هذا الفطر بلحمها المرن ورائحتها العطرة ، إلا أن طعمها مر . يتراوح قطر القبعة من ٣ – ٥ سنتيمترات ذات شكل نصف كروى ولون بنى . الخياشيم : متزاحمة ذات لون بنى يشبه الصدأ . تظهر الثمار فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

هـ = الفطر *Tephrocybe atrata* : تنتشر ثمار هذا الفطر على التربة المحترقة . الثمار ذات رائحة تشبه رائحة الدقيق . قطر القبعة حوالى أربعة سنتيمترات ، منغمدة من المركز ، يتحول لونها إلى الأسود عندما تبتل ، بينما يكون لونها بنى عند جفافها. الخياشيم : بيضاء تتحول إلى اللون الرمادى . تنتشر هذه الثمار فى الفترة من شهير يوليو إلى شهر ديسمبر .

و = الفطر *Tephrocybe anthracophila* : يعرف عادة باسم *Collybia carbonaria* . القبعة صغيرة يتراوح قطرها من ١ – ٢ سنتيمتر ، ، محدبة فى أول الأمر ، ثم تتسطح بعد ذلك . لون القبعة بنى مسود ، مع وجود خطوط على الحافة . الخياشيم : بيضاء اللون تتحول إلى اللون الرمادى . تنتشر الثمار فى الفترة من شهر أغسطس إلى شهر نوفمبر .

ومن الدراسات التى أجريت لاختبار القدرة التطفلية لبعـــض الفطريـــات الأســـكية المكونة لثمار أسكيةٍ مفتوحةٍ تنمو بعد حرائق الغابات ، دراســـة قـــدرة بعـــض هـــذه الفطريات على خفض معدل إنبات بذور الصنوبر ونمو البـــادرات ؛ حيـــث وجـــد أن الفطرين *Pyropyxis rubra* ، و *Peziza endocarpoides* يسببان موت نســـبةٍ مـــن البذور ونقصاً فى طول الجذير (Egger & Paden, 1986a) .

كما وُجِدَ أن الفطر *Sphaerosporella brunnea* يكـــون ميكورهـــيزا خارجيـــة ectomycorrhizae على جذور عديدٍ من أشجار الغابات؛ مثل : الصنوبر ، واللاركس، بينما تنمو هيفـــات بعـــض الفطريـــات الأخـــرى ؛ مثـــل فطريـــات *Anthracobia maurilabra* ، و *A. tristis* ، على سطوح الجذور الحية للصنوبر ، وقد تخترق طبقة القشرة (Egger & Paden, 1986 b) .

وبنفس الطريقة ، وجد (Warcup (1990 أن عديداً من أنواع الفطريات الأســـكية المكونة لأجسامٍ ثمريةٍ مفتوحةٍ ، والتى تظهر بعد الحريق Post - fire discomycetes يمكنها تكويـــن غـــلافٍ من هيفـــات الميكورهيزا الخارجية علـــى جـــذور بعـــض الأشجار .

ولقد درس (Egger (1986 العـــلاقات الغذائيـــة للفطـــريات الأســـكية ذات الثمار المفتوحـــة – والتى تظهر بعد الحريـــق – وذلك من خلال نشاطـــها الإنزيمـــى عند نموها على مواد معروفة كيميائياً . ولقد قسمت هذه الفطريات إلى أربعة أقســـام ، هى :

١ – الفطريات النامية على الأوراق الساقطة وعلى جذور الأشجار ؛ مثال ذلـــك: *Anthracobia* spp. ، و *Ascobolus carbonarius* ، و *Trichophaea abundans* . وتعتبر هـــذه الفطريات ضعيفة فى إنتاجها لإنزيمـــات أكســـدة الفينول phenol oxidases ولا يمكنها تحليل اللجنين . ويبدو أنها تقوم بتحليل المركبات غير اللجنينية خلال تغذيتها.

٢ – الفطريات النامية على الأخـــشاب والجـــذور الخشبية ؛ مثال ذلـــك الأنـــواع التابعـــة للجنس *Peziza* . وتتميز هذه الفطريات بقـــدرتها علـــى إنـــتاج إنزيمات أكســـدة الفينـــول ، بالإضـــافة إلى عديـــدٍ من إنزيمـــات التحليـــل المائـــى hydrolytic enzymes ؛ مثال ذلك إنزيـــمات تحليـــل الســـليلوز .

ويمكن لهذه الفطريات التغذية على عديد من المواد العضوية الموجـــودة فـــي التربة .

٣ – الفطريـــات التى يتـــعايـــش ميسليومها مع الجذور الحية لبعض الأشجـــــار ؛ مـــثال ذلك فطريات : *Pyropyxis rubra* ، و *Sphaerospora brunnea* ، و *Rhizina undulata* . وتنتج هذه الفطريات إنزيمات أكسدة الفينول . ولكن لا يمكنها تحليل اللجنين .

٤ – فطريات أخرى لا تتبع المجموعات السابقة ، تتميز بأنها تتعايش مع الجـــذور الحية لبعض الأشجار ، كما أنها تحلـــل اللجنيـــن . ويمكـــن اعـــتبار هـــذه الفطريات متطفلات ضعيفة التطفل يمكنها إصابة الجذور الضعيفة . ومن أمثلة هذه الفطريـــات الفطر *Geopyxis carbonaria* ، و الفطـــر *Trichophaea hemisphaerioides* .

ولقد وجد Zak & Wicklow (1978 a,b) أن هناك أنواعا معينة مـــن الفطريـــات الأسكية ذات الأجســـام الثمرية القاروريـــة pyrenomycets تنمو على التربة العشبيـــة بعد انتهاء حـــرق المخلفات النباتية ، بينما يلاحظ أن أنواع الفطريات الأســـكية التـــى تنتشر فى الغابـــات – والتى سبق حـــرق أشجـــارها – تتبـــع الفطريـــات الأسكيـــة المفتوحة Discomycetes .

ومن الفطـــريات الأســـكية ذات الأجـــسام الثمرية القاروريـــة التـــى تنتشـــر فـــى المناطـــق العشبية، الأنـــواع التابعة للأجـــناس : *Chaetomium* ، و *Coniochaeta* ، و *Podospora* ، و *Sordaria* ، و *Sporormiella* . وبعض الفطريات السابقة مـــن فطريات الروث coprophilous fungi ؛ حيث تتكون ثمارها علـــى روث الحيوانـــات العشبية .

ويمكن عزل وتنمية مثل هذه الفطريات الأسكية فى المعمل ؛ وذلـــك عـــن طريـــق تحضين عينة من تربة غابة سبق تعرضها للحريق . وعادة ما تضاف مادة ســـيليلوزية إلى عينة التربة (مثل القش أو ورق الترشيح) ثم ترطب ؛ حيـــث تظـــهر الأجســـام الثمرية بعد فترة من التحضين . ويمكن متابعة ظهور الفطريات الأســـكية علـــى هـــذه العينة .

ومن المعروف ان تعرّض التربة للحرارة المرتفعة دون حرقها يؤدى الى زيادة قابلية المواد العضوية وغير العضوية للذوبان ؛ ويرجع ذلك الى عديد من التغيرات التى تحدث فى مكونات التربة ؛ فعلى سبيل المثال تزداد المواد العضوية ذات الوزن الجزيئى المنخفض . وتعمل الحرارة المرتفعة على حث بعض الفطريات المنبعثة من الرماد على تكوين ثمارها ؛ حيث شوهدت الاجسام الثمرية لهذه الفطريات متكونة على تربة الصوب الزراعية التى تعقم باستخدام البخار الساخن ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyronema* spp ، و *Peziza ostracoderma* .

ثالثاً : حث الجراثيم للإنبات بالحرارة :

قد تعمل الحرارة العالية – المنبعثة من حرائق المواد النباتية – على حث الجراثيم الأسكية لبعض الفطريات للإنبات ؛ فمثلا وجد أن تعريض الجراثيم الأسكية للفطريات المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة pyrophilous discomycetes لحرارة ٥٠°م يزيد من انباتها ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyronema domesticum* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Ascobolus carbonarius* .

وكذلك الحال فى الفطريات الأسكية القارورية المنبعثة من الرماد pyrophilous pyrenomycetes؛ حيث وجد أن تعرض جراثيمها لبخار ساخن – تتراوح حرارته بين ٣٥°م و ١١٠°م أكثر من ٣ دقائق – يعمل على زيادة إنباتها . ولقد لوحظ هذا التأثير المشجع للإنبات فى عينات التربة التى تعرضت للحريق ، سواء للفطريات المنبعثة من الرماد ، أم لبعض فطريات الروث التى تبقى جراثيمها ساكنة فى التربة (Wicklow 1975) .

ولقد وجد Jalaluddin (1967 a) أن الجراثيم الأسكية للفطر *Rhizina undulata* – الذى يكوّن أجساما ثمرية أسكية مفتوحة – يزداد انباتها اذا تعرضت لدرجة حرارة ٣٧°م لمدة ثلاثة أيام ، وإذا تعرضت لحرارة ٤٥°م فإنها تحتاج إلى ثمانى ساعات فقط لكى تحث على الإنبات . وعند ترشيح معلق من الجراثيم الأسكية المعاملة بالحرارة من خلال مرشح Seitz ، وإضافة محلول الترشيح إلى الجراثيم الأسكية غير المعاملة ، أدى ذلك إلى زيادة إنباتها ، بالمقارنة بالجراثيم النابتة فى الماء .

وتتحمل الجراثيم الأسكية الحرارة التى تتعرض لها خلال فترة الحريق ، فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Neurospora crassa* ، و *N. tetraspora* تحمل حرارة تتراوح

بين ٥٠ْم و ٧٠ْم لمدة ٥ – ٣٠ دقيقة دون أن تفقد حيويتها ، ويرجع ذلك الى أن هـــذه الجراثيم ذات جدر خلوية سميكة سوداء اللون (Sussman & Halvorson, 1966) .

ومن ناحية أخرى ، وجد إن تعرض العشائر الفطرية المختلفة لمثل هـــذه المعاملـــة الحرارية الناتجة عن التعرض للحريق يؤدى الى قتل معظمها أو تثبيطة ، بينما تنشـــط فطريات اخرى وتنمو دون منافسة . وهـــذا يتيح الفرصة لعشيرة الفطريات المنبعثة من الرماد للنمو وتكوين اجسامها الثمرية دون غيرها مـــن الفطريـــات والكائنـــات الحيـــة الدقيقـــة الأخرى .

فعلى ســـبيل المثـــال ، وجـــد (El-Abyad & Webster (1968 أن الفطـــر *Pyronema domesticum* ينمو مكونا أجسامه الثمريـــة الأسكية المفتوحة على عينـــة التربـــة المعقمة بالأوتوكـــلاف ؛ وذلك عند حقنها بالجراثيم الاسكية ، فـــى حيـــن أن إضافة كمية من التربة غير المعقمة – والمحتوية على مختلف عشائر الأحياء الدقيقة – إلى التربـــة المعقمة قبل ثلاثـــة أيام من حقنها بالجراثيم الأســـكية للفطـــر السابـــــق أدت إلى عـــدم ظهور الأجســـام الأسكية ؛ حيث يرجع ذلك إلـــى تعـــــرض الفطـــر الأسكى للمنافسة .

كما يؤدى تعرض التربة لمثل هذه الحرائق إلى تغيرات فى محتوياتها الكيميائيـــة ؛ حيث يرتفع محتواها من كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، الذى يعمل على رفـــع رقـــم حموضة التربة . وتتميز فطـــريات الرمـــاد بقـــدرتها على التأقـــلم مع وجـــود مثـــل هذه المركبات الكيميائية وارتـــفاع رقم حموضة التربـــة ؛ مما يجعلها تنمـــو منافســـة غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى التى استطاعت الاحـــتفاظ بحيويتـــها بعـــد انتـــهاء الحريق .

رابعاً : إثمار فطريات الرماد عقب الثورات البركانية :

من الأبحاث العلمية الحديثة ، دراسة النموات الفطريـــــة فـــى أعقـــاب الثـــورات البركانية ؛ فقد تمت دراسة ذلك فى جبل ســـانت هيليـــن St-Helens فـــى واشنطـــن بالولايات المتحدة . حيث شوهدت أعداد كبيرة من الفطريـــات الناميـــة فـــى الغابـــات المحترقة بفعل الحمم البركانية المدمرة ، وكانت هذه الفطريات تنمو على رمـــاد هـــذه الحمم البركانية الخامدة ؛ والتى يطلق عليها اسم " tephra " .

ولقد تتبع الباحثون Carpenter et al., (1987) ظهور نمـوات هـذه الفطريـات وتكويـن أجسامها الثمريـة خـلال السنـوات الثلاث التاليـة لانتـهاء الثـورة البركانية . وأظهرت نتائج هذه الدراسة أنه خلال الستة أسابيـع الأولى بعـد انتـهاء الثورة البركانية ظهرت أطوار كونيديـة وأجسـام ثمريـة أسـكية مفتوحـة للفطـر *Anthracobia melaloma* فى المناطق الرطبة من الركام البركانى ، بينما شوهـدت أجسام ثمرية أسكية دورقية للفطر *Gelasinospora reticulospora* على بقايا الأشجار المحترقة .

وبعد مرور سنة ، ظهرت أجسام ثمرية أسكية مفتوحـة لعديـد مـن الفطريـات المنبعثـة من الرمـاد ؛ مثال ذلك فطريات .Peziza spp ، و *Rhizina undulata* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* ، بالإضافة إلى أجسام ثمرية لفطريات عيـش الغراب ؛ مـثل *Coprinus plicatilis* ، و *Pholiota carbonaria* ، و *Psathyrella carbonicola* ، و *Schizophyllum commune* . ولوحظت زيادة هـذه الفطريـات خلال فصل الخريف ، بينما قلت الفطريات الأسكية .

وعلى أية حال ، فإنه من الواضـح أن هـذه الفطريـات المنبعثـة مـن الرمـاد phoenicoid fungi تظهر فى هذه البيئة لأسباب عديدة ؛ فبعضها يتم حـث جراثيمـه للإنبات وتكوين الأجسام الثمرية عن طريق التأثير الحرارى الناتج عن الحريق ، بينما أظهرت فطريات أخرى تأقلما واضحا فى تحمل تراكم الأملاح المتخلفة عن الأشجـار المحترقة ، والتى تعمل على رفع رقم حموضة التربة .

كما تؤثر العوامل السابقة على اختفاء عديد من الأحياء الدقيقة ، التى تموت معظمها بفعل الحـرارة المرتفعة ، كما أن المتبقى منها ربما لا يسـتطيع النمـو تحـت هـذه الظروف الجديدة . ويعمل اختفاء مثل هذه الأحياء الدقيقـة علـى تقليـل المنافسـة الفطريات المنبعثة من الرماد ؛ فتنمو مكونة عشيرة فطرية متميزة فى بيئة تكاد تخلـو من الحياة .

خامسا : المراجع References :

Ahlgren, I. F. (1974). The effect of fire on soil organisms, in Fire and Ecosystems, (eds. T. T. Kozolwski and C. E. Ahlgren). Academic Press, New York. pp. 47 - 72 .

Carpenter, S. E. and J. M. Trappe (1985). Phoenicoid fungi : a proposed term for

fungi that fruit after heat treatment of substrates. Mycotaxon. 23 : 203 - 206 .

Carpenter. S. E. ; J. M. Trappe and J. Ammirati (1987) . Observations of fungal succession in the Mount St. Helen's devastation zone 1980 - 1983 . Canadian Journal of Botany. 65 . 716 - 744.

Egger. K. N. (1986). Substrate hydrolysis pattens of post - fire ascomycetes (Pezizales) Mycologia. 78 : 771 - 780 .

Egger. K. N. and J. W. Paden (1986 a) . Pathogenicity of post-fire ascomycetes (Pezizles) on seeds and germinants of lodgepole pine. Canadian Journal of Botany. 64 : 2368 - 2371 .

Egger. K. N. and J. W. Paden (1986 b) . Biotrophic associations between lodgepole pine seedlings and post-fire ascomycetes (Pezizales) in monoxenic culture . Canadian Journal of Botany. 64 : 2719 - 2725 .

El-Abyad. M. S. H. and J. Webster (1968) . Studies on pyrophilous discomycetes. II Competition. Transaction of the British mycological Society. 51 : 369 - 375 .

Jalaluddin. M. (1967 a) . Studies on *Rhizina undulata* I. Mycelial growth and ascospore germination-Transaction of British mycological Society. 50 : 449 - 459.

Jalauddin. M. (1967 b) . Studies on *Rhizina undulata* II. Observations and experiments in east anglian plantations. Transactions of British mycological Society. 50 : 461 - 472 .

Moser. M. (1949) . Untersuchnngen uber den Einfluss von Waldbranden auf die Pilzvegetation . Sydowia. 3 : 336 - 383 .

Peterson. P. M. (1970) . Danish fireplace fungi. An ecological investigation on fungi on burns. Dansk Botanisk Arkiv. 27 (3) : 1 - 97 .

Peterson. P. M. (1971) . The macromycetes in a burnt forest area in Denmark. Botanisk Tiddskrift. 66 : 228 - 248 .

Sussman. A. S. and H. O. Halvorson (1966) . Spores. their dormancy and germination Harper & Row. New York .

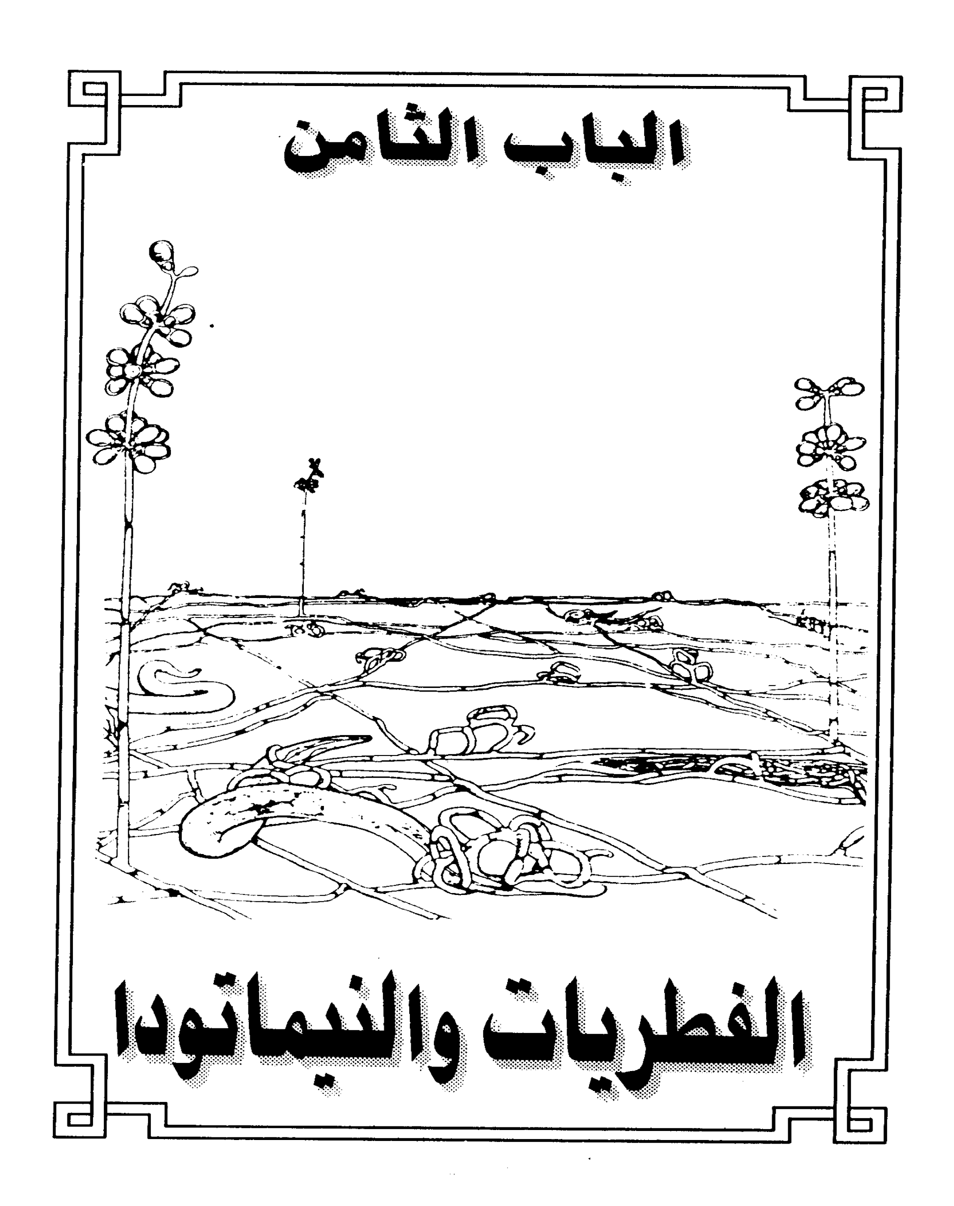
Warcup. J. H. (1990) . Occurrence of ectomycorrhizal and saprophytic discomycetes after a wild fire in a eucalyptus forest. Mycological Research. 94 : 1065 - 1069 .

Wicklow. D. T. (1975) . Fire as an environmental cue initiating ascomycete development in a tall grass prairie. Mycologia. 67 : 852 - 862 .

Zak. J. C. and D. T. Wicklow (1978 a) . Response of carbonicolous ascomycetes to aerated stem temperatures and treatment intervals. Canadian Journal of Botany. 56 : 2313 - 2318 .

Zak. J. C. and D. T. Wicklow (1978 b) . Factors influencing patterns of ascomycete sporulation following stimulated burning of prairie. Soil Biology and Biochemistry. 10 : 533 - 535 .

الباب الثامن



الفطريات والنيماتودا

الباب الثامن
الفطريات المتطفلة على النيماتودا
Nematophagus Fungi

مقدمة :

تعيش الفطريات فى بيئتها الأصلية فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى فى عشائر متداخلةٍ وفيرة العدد ؛ فعلى سبيل المثال يحتوى الجرام الواحد من التربة الخصبة على ملايين من أفراد هذه الأحياء الدقيقة . وهذه الوفرة فى أعداد وأنواع هذه الكائنات تجعل من المحتم وجود علاقاتٍ وطيدةٍ بينها وبين بعضها ؛ فهى تعيش فى توازنٍ ملئ بالحركة وينبض بالحياة .

وقد تتعاون هذه الفطريات مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ، متناوبة تحليل المواد العضوية الموجودة فى التربة ، وتارة تتنافس على مصدر الغذاء خاصة إذا عز وجوده ، وتارةً أخرى تناصب بعضها العداء وتهاجم جيرانها من الأحياء الأخرى ، وأحياناً لا تجد حرجاً فى التطفل والافتراس ، وتسقط بعض النيماتودا المتجولة فريسة لهذه الفطريات المتطفلة .

وبعد اختراع المجهر ، أمكن رؤية ذلك العالم الخفى بالاستعانة بقوة تكبيرية كانت كافية لفحص بعض هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، ورؤية تلك الهيفات الفطرية التى تحمل حلقات صغيرة محكمة الصنع تشبه أنشوطة راعى البقر الأمريكى الشهير ، تحتال بها على الديدان الثعبانية الصغيرة (النيماتودا) الحرة التى تتجول فى التربة ، وبين المواد العضوية المتحللة ساعية وراء رزقها ؛ فإذا بها تقع ضحية لهذا الفطر المخادع ، وتصبح فريسة سهلة داخل أنشوطته البارعة ، التى تتقبض بسرعة فائقة وبقسوة على جسم الفريسة الضعيف ؛ فلا تستطيع منه فكاكا ، ولا تجد لنفسها خلاصا .

وتخترق هيفا دقيقة – يكوّنها الفطر المتطفل – جليدَ الفريسة ، يُفرز منها سم زعاف (توكسين) ؛ يسرى فى جسمها ، ويشل حركتها ؛ فتكف – بعد فترة قصيرة – عـــن محاولاتها المستميتة للتخلص من قبضة هذه الأنشوطة العجيبة . وتقوم هيفات الفطـــر باختراق أحشاء الفريسة وتحليلها . كما تفرز هذه الهيفات بعض المضـــادات الحيويـــة الشديدة الفاعلية ؛ التى تثبط بها نمو الميكروبات الأخرى الموجـــودة داخـــل القنـــاة الهضمية للنيماتودا الميتة ؛ فيستأثر الفطر بغنيمته دون أن يترك للميكروبات الأخــــرى فرصة لمشاركته غذاءه .

وهكذا تدور رحى حربٍ ضروسٍ فى التربة ، بصورة غير مرئية لنا ، يتنافس فيها الجميـــع ، وتسقط من بين هذه الأحياء الدقيقة ضحايا ، تصبح غنائم لأحياء أخــــرى ، ولا تكف هذه الأحياء الدقيقة عن التطاحن والمبارزة ، والذى يأكل اليوم يُؤكل غدا .

وتعود معلوماتنا عن الفطريات المتطفلة على النيماتودا إلى دراسات الباحث الألمانى Fresenius (1852) ؛ الذى قام بفحص الفطريات النامية على المخلفات العضويـــة ؛ حيث جذب انتباهه أحد الأنواع الفطرية الذى يكوّن حوامل كونيديـــة طويلـــة ورشيقـــة ترتفـــع عدة مئاتٍ من الميكرونات عمودية على سطح البيئة التى تنمو عليـــها هيفـــات الفطر ، وكانت هذه الحوامل تحمل عديداً من الكونيديات الثنائيـــة الخلايـــا ، وأطلـــق Fresenius على هذا الفطر اسم " *Arthrobotrys oligospora* " (شكل ٨ – ١) .

وبعد ذلك بعدة سنوات ، وجد Woronin (1870) أنه عند إنبات كونيديات الفطـــر *Arthrobotrys* على الروث القديم المتحلل ، فإن بعض هيفات الفطر تنمـــو لأعلـــى ، وتنحنى فى نموها حتى تتحد مع منشأ الفرع مكونة أنشوطة (حلقة) ، وتتكون عديـــد من هذه الحلقات المتقاربة مكونة ما يشبه الشبكة net-like bails ، إلا أن Woronin لم يستطع – حينئذ – أن يتعرف على دور هذه التركيبات الفطرية وعلاقتـــها باصطيـــاد النيماتودا الحرة .

وفى عام ١٨٨٨ استطاع الباحث الألمانى Zopf ملاحظة أن مثل هـــذه التركيبـــات الفطرية عبارة عن شراك خادعة ، يحتال بها الفطر على النيماتودا الحرة ؛ فـــإذا مـــا مرت من خلالها ، أطبقت عليها الأنشوطة فى لمح البصر ؛ فـــلا تســـتطيع النيمـــاتودا الضحية فكاكا من مصيرها المحتوم . ولقد درس هذا الباحث النابه المراحل التى تلـــى اقتناص الفطـــر لفـــرائسه من النيماتودا ، وتعرف على طبيعة اختراق هيفات الفطـــر

لجليد النيماتودا التى تم أسرها ، ونمو هيفات الفطر داخل أحشاء النيمـــاتودا وتحليلـــه لأنسجتها .

ويعتبر الباحث الألمانى Zopf أول من درس العلاقة بين الفطر المتطفل وفرائســـه من النيماتودا الحرة المتجولة ؛ حيث اعتقد أن اصطياد هذه الفطريات المتطفلة لفرائسها من النيماتودا يرجـــع إلى التراكيب الطبيعية البارعة التى يكونها الفطـــر على هيفاته . ثم مر على هذه الدراسات حوالى نصف قرن ، قبـــل أن يوضـــح البـــاحث الألمـــانى Drechsler (1933) أن هذه التراكيب الفطرية – ذات المظهر الشبكى – لـــها قـــدرة عالية على الالتصاق بجسم فرائسها من النيماتودا الحرة التى تحتك بها خلال تجولها فى التربة أو المواد العضوية ، دون أن يكون لهذه الفرائس أى أمل فى النجاة .

ولقد جذب هذا الموضوع الفضول العلمى لدى كثير من الدارسين والباحثين لسنوات عديدة بعد ذلك ؛ حيث ساد الاعتقاد بأن هيفات مثل هذه الفطريـــات المتطفلـــة علـــى النيماتـــودا تعيش مترممة فى التربة فى الظروف الطبيعية ، ولكنها تلجأ إلى تكوين مثل هذه التركيبات البارعة لاصطياد النيماتودا عندما يقل الغذاء المتاح لها فى التربة ويشعر الفطر بالجوع .

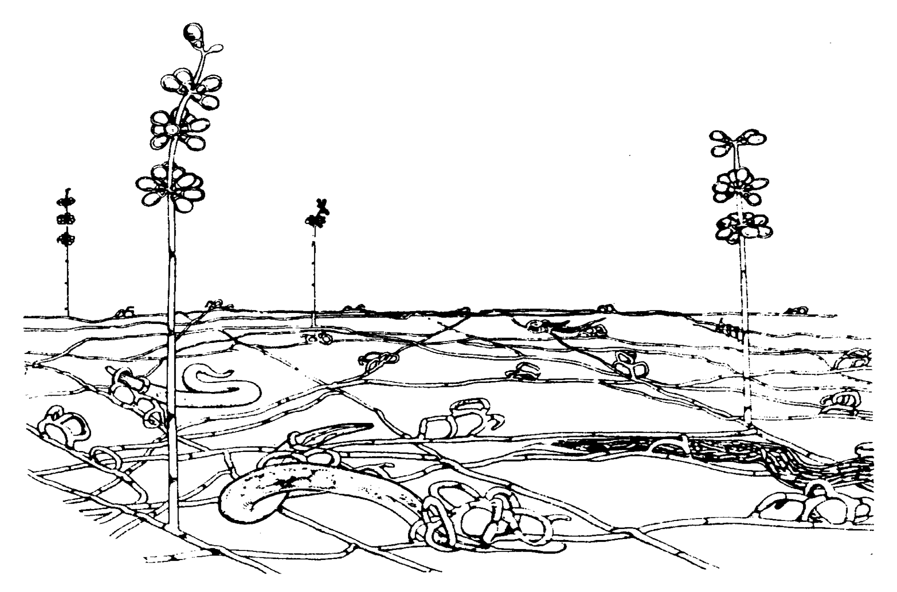
ولقد لعبت الصدفة دورا كبيرا فى التعرف على حقيقة الـــدور الـــذى تلعبـــه هـــذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيث لاحظ الباحث الألمانى (1933) Drechsler – خلال عزله لبعض الفطريات الممرضة للجذور باستعمال بيئة الأجـــار المـــائى ذات المحتوى القليل من العناصر الغذائية – أن عديدا من المستعمرات الفطرية والبكتيرية قد نما على سطح الأجار ، كما أن بعض أفـــراد النيمـــاتودا كـــانت تتجـــول بيـــن هـــذه المستعمرات الميكروبية للتغذية عليها .

وكم كانت دهشة هذا الباحث عظيمة ، عنـــدما شاهد ميســـليوم بعـــض الفطريـــات النامية على هذه البيئة الفقيرة ، قد نصبت شباكها على الهيفات المبعثرة علـــى ســـطح الاجار ، تصطاد بها النيماتـــودا المتجولة حولها لتحللها وتتغذى عليها ، متغلبة علـــى فقر البيئة الغذائية التى تنمو عليها .

وحيث إن Derchsler كان باحثا دقيقا وبارعا فى تسجيله لمشاهداتـــه ، كمـــا كـــان رساما موهوبا ، فلقد ساعده ذلك على نشر سلسلة متصلة من البحوث العلمية القيمة عن تلك الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة ، وعلى الحيوانات الدقيقة الأخرى التـــى

تنمو فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . واستمرت هذه الأبحـــاث منــذ عـــام ١٩٣٣ حتى عام ١٩٧٥ ، تدعم دراسة بيولوجيا الفطريات وعلاقتها بالأحياء الدقيقـــة الأخرى من حولها .

ولقد أسهمت الخدمات الجليلة التى قام بها الباحث الألمانى Drechsler وغيره مـــن أمثال Duddington (من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٧٢) و Barron من عـــام ١٩٦٩ إلى عام ١٩٨١) – وأيضا أبحاث Subramanian و Gray – فى توضيح طبيعة تطفل هذه الفطريات على النيماتودا . كما وضع الباحثان (1964) Cooke & Godfrey مفتاحا لتعريف تلك المجموعة من الفطريات شمل جميع الأنواع المعروفة .



شكل (٨ – ١) : تصور تخطيطى لنمو الفطر *Arthrobotrys oligospora* على ســطح بيئــة الآجار المائى ، يظهر فيه على اليسار نيماتودا حديثة الأسر ، بينما النيمـــاتودا التى على اليمين تم اصيطادها ونمو هيفات الفطر داخلها بعد ٢٤ ســـاعةً مـــن الأسر . ويوضح الشكل الحوامل الكونيدية التى تنمو متعـــامدةً علـــى الـــهيفات النامية سطحيًا ؛ حيث تحمل هذه الحوامل كونيديات ثنائية الخلايا فى عناقيد.

ولقد أدت هذه الدراسات والأبحاث العلمية إلى اكتشاف أكثر من ١٥٠ نوعا من هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، والتى أمكن عزلها من جميع أنواع الأراضى والمواد العضوية المتحللة فى كثير من دول العالم (جدول ٨ - ١) . ومازالت الدراسات تجرى على مثل هذه الفطريات التى تلعب دورا كبيرا مع غيرها من الفطريات الأخرى المتطفلة على الأميبا والحيوانات الصغيرة الأخرى ؛ وذلك لحفظ التوازن الحيوى لأحياء التربة الدقيقة . ومازال هناك المزيد من الدراسات التى تجذب الباحثين لكشف غموض هذا العالم الخفى .

أولاً - ماهى النيماتودا ؟

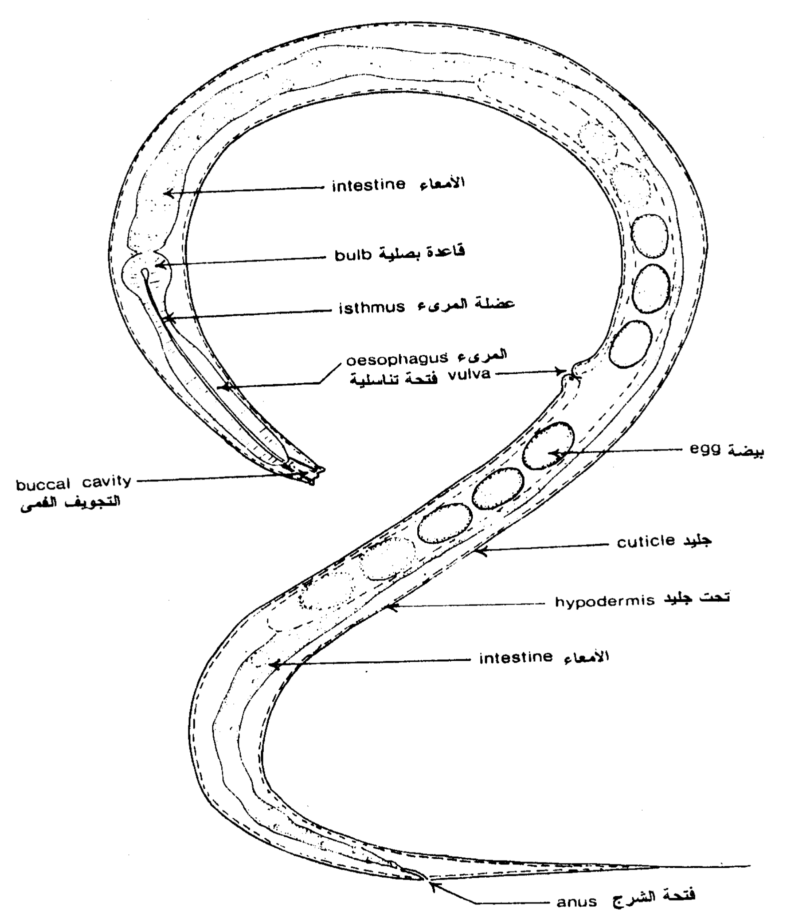
تشتق كلمة نيماتودا Nematode من اللاتينية nema بمعنى " خيط " ، و eidos بمعنى " شبيه " ؛ فهى الكائنات الحية الشبيهه بالخيوط ؛ لذا يطلق عليها أحياناً " الديدان الخيطية " . وقد تسمى - أيضا - " الديدان الثعبانية eelworms " ، إلا أن ذلك خطأ شائع ؛ إذ ليس جميع أنواعها تتحرك حركة ثعبانية .

والنيماتودا حيوانات أسطوانية عديمة الأطراف ، صغيرة الحجم غالبا ، واسعة الانتشار . ويمكن وجود هذه النيماتودا فى أية بيئة تتوفر فيها أسباب الحياة . ولقد عرفت بعض الأنواع التى تصيب الإنسان - مثل ديدان الإسكارس - قبل الميلاد بعدة قرون، إلا أن نيماتودا النبات لم تكتشف إلا بعد اختراع المجهر ؛ حيث إنها صغيرة الحجم ؛ يتراوح طولها بين ٠,٢ ملليمتر و ٥ ملليمترات ، بينما لا يتعدى قطرها ١٠٠ ميكرون .

وعلى الرغم من صغر حجم النيماتودا ، إلا أن هناك أنواعا كبيرة الحجم ؛ مثل النيماتودا البحرية التى يصل طولها إلى ٥ سنتيمترات ، بينما هناك أنواع عملاقة من النيماتودا المتطفلة على الحيتان ، يصل طول بعضها إلى ٧,٥ مترا ، وتعتبر أطول النيماتودا المعروفة .

وتتبع النيماتودا الحيوانات اللافقارية ، وهى ذات جسم أسطوانى يغطيها من الخارج غلاف مرن صعب التحلل يسمى الجليد (cuticle) . والنيماتودا وحيدة الجنس ، تتغذى على ما يحيط بها من كائنات حية أو مواد عضوية . ويتحور تجويف الفم buccal cavity تبعا لطبيعة تغذيتها . ففى الأنواع التى تتغذى على البكتيريا يكون

تجويف الفم ضيقا نسبيا ذا تبطين أملس ، بينما يتحور هذا التجويف إلى تركيب صلب (رمح Stylet) لاختراق أنسجة النبات ؛ وذلك فى النيماتودا المتطفلة ، وأيضـــا فـــى النيماتودا المفترسة لغيرها من الفرائس .



شكل (٨ – ٢) : رسم يوضح الشكل العام للنيماتودا وأهم التراكيب التى تميز النيماتودا الحرة .

وتتعرض النيماتودا إلى مهاجمة عديدٍ من الفطريات التى تتطفل عليها وتحللها . وتعتبر النيماتودا الحرة أحد مكونات عشائر الحيوانات الصغيرة microfauna فى التربة الخصبة وعلى المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تُقدّر أعدادها فى الأراضى الخصبة وحول جذور النباتات بحوالى ١ - ٢ مليون نيماتودا لكل متر مربع . ومن المألوف وجود هذه الحيوانات الصغيرة فى روث الحيوانات ، وعلى الخشب المتعفن ، وفى المياه العذبة والمالحة .

وتتحرك النيماتودا حركة تموجية تدفعها إلى الأمام ، تتم عن طريق سلسلةٍ من التموجات الظهرية البطنية ؛ مخترقة فى حركتها التربة أو الماءَ أو الوسط اللزج الذى تعيش فيه . ومعظم النيماتودا تُفضّلُ وجودَ طبقةٍ رقيقةٍ من الماء حولها . وتتأثر حركة النيماتودا بموجات الحركات الانقباضية والانبساطية للعضلات الطولية التى تتوزع على طول الجسم .

ثانياً - الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

يمكن تصنيف هذه الفطريات إلى متطفلاتٍ خارجيةٍ ectoparasites (مفترساتٍ predatory fungi) ومتطفلاتٍ داخليةٍ endoparasites . وتتميز أنواع الفطريات المصنفة كمتطفلاتٍ خارجيةٍ بأنها تكوّن نظاما هيفيًا فى البيئة التى تنمو فيها ؛ تحمل تراكيب متخصصة (مصائد) ؛ تستعمل فى القبض على فرائسها من النيماتودا الحرة التى تتجول بالقرب من الفطر .

ومن هذه التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد ضحاياها من النيماتودا : الهيفات اللاصقة sticky hyphae ، والعقد اللاصقة sticky knobs ، والشباك اللاصقة adhesive networks ، والحلقات غير المنقبضة non-constricting rings ، والحلقات المنقبضة constricting rings (شكل ٨ - ٣) .

ويتم اختراق جليد الفريسة - التى تقع فى الأسر - بواسطة هيفات الفطر المتطفل ؛ حيث يتحلل جسمها من الداخل بفعل الإنزيمات الفطرية المحللة . ولا تختلف التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا الحرة اختلافاً كبيراً من الناحية الوظيفية عن شباك العنكبوت ؛ لذلك يمكن اعتبار هذه الفطريات مفترسات predaceous .

وتتميز الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا endoparasites (endozoic parasites) بعدم وجود هيفات فطرية تنمو خارج جسم النيماتودا المصابة، ولكن تظهر من جسم العائل حوامل كونيدية تحمل كونيديات .

وتنتشر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل مبعثرة فى التربة ، وعلى سطح المواد العضوية المتعفنة ؛ فإذا مرت أحد أفراد النيماتودا الحرة ولامست إحدى هذه الكونيديات، التصقت الكونيدة بجليد النيماتودا . وقد تبتلع النيماتودا بعض هذه الكونيديات مع حبيبات التربة والمواد العضوية . وفى كلتا الحالتين تنبت الكونيديات وتخترق جسم النيماتودا مخترقة الأنسجة ، ومحللة جسم الضحية . وتنمو هيفات الفطر داخل أحشاء النيماتودا ، بينما تتكون الحوامل الكونيدية خارج الجسم ، حاملة كونيديات جديدة مستعدة لإصابة مزيد من الضحايا .

جدول (٨ – ١) : أهم أجناس الفطريات المتطفلة على النيماتودا والطوائف التابعة لها
. (عن Gray. 1988)

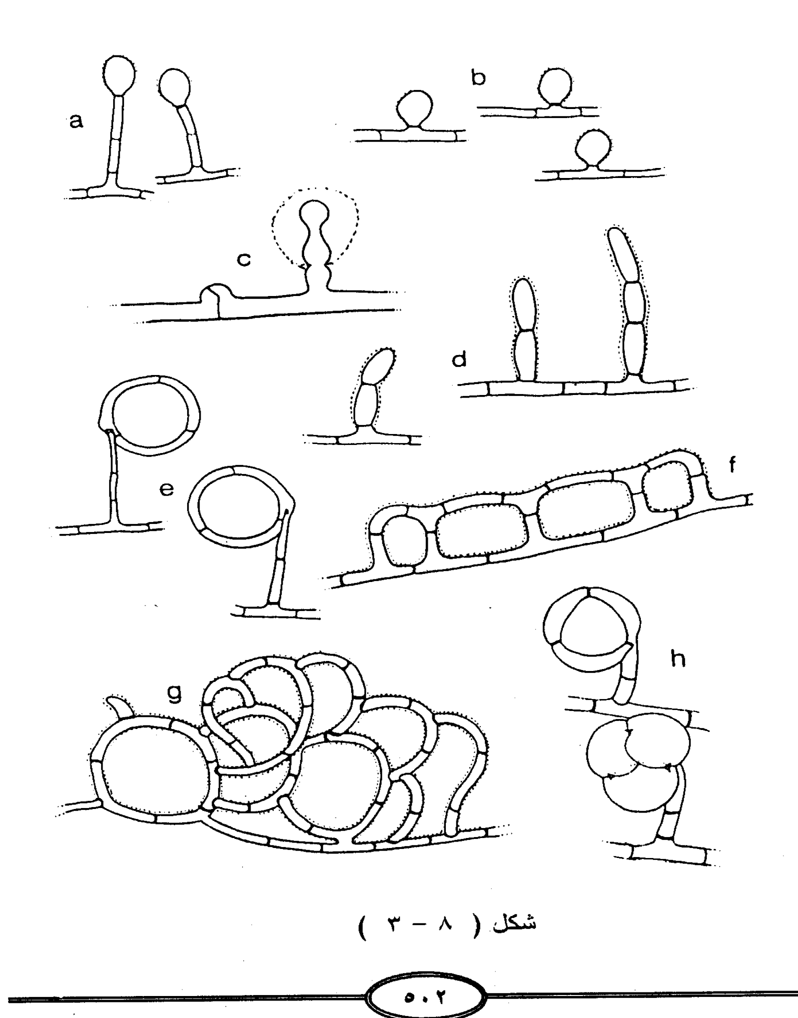
الطائفة Class	الأجناس التابعة للطائفة
١ – الفطريات الكيتريدية Chytridiomycets	*Catenaria*
٢ – الفطريات البيضية Oomycetes	*Haptoglossa* و *Myzocytium* *Nematophthora* و *Protascus.*
٣ – الفطريات الزيجية Zygomycetes	*Acaulopage* و *Macrobiotophthora* *Meristacrum* و *Rhopalomyces* *Stylopage* .
٤ – الفطريات الأسكية Ascomycetes	أبحاث حديثة تدل على أن الطور الكامل للفطر الناقص *Harposporium anguillulae* يتبع الجنس الأسكى *Atricordyceps*.
٥ – الفطريات البازيدية Basidiomycetes	*Pleurotus* و *Hyphoderma* والطور الكامل للفطر الناقص *Nematoctonus* وهو يتبع الجنس البازيدى *Hohenbuehelia*
٦ – الفطريات الناقصة Deuteromycetes	*Dactylella* و *Dactylaria* و *Arthrobotrys* و *Harposporium* و *Drechmeria* و *Verticillium* و *Monacrosporium*

وفى بعض الحالات لا تكون هناك فروق واضحة بين الفطريات الخارجية التطفل (المفترسات) والفطريات الداخلية التطفل ؛ فعلى سبيل المثال ، يلاحظ أن الفطريات

المتطفلة داخليًا تنتج جراثيم هدبية zoospores تسبح في الوسط الرطب الذى تعيش فيه النيماتودا ، متجهة إليها عن طريق الجذب الكيميائى لمواد مُفرزةٍ من جسم النيماتودا ، فإذا وصلت هذه الجراثيم السابحة إلى سطح جليد النيماتودا فإنها تفقد أهدابها ، وتتحوصل لفترةٍ قصيرةٍ ، ثم تبدأ فى الإنبات مخترقة جليد النيماتودا ، وتتطفل عليها . ولما كانت الجراثيم الهدبية السابحة تطارد ضحاياها من النيماتودا وتلاحقها ، وتنجح فى الوصول إليها وإصابتها ، فإنها تعتبر مفترساتٍ predators .

وهناك حالات أخرى أكثر تعقيدًا ؛ كما هى الحال فى الجنس *Nematoctonus* ؛ حيث تصنف بعض أنواعه كمفترسات ، بينما تصنف أنواع أخرى تابعة له كمتطفلاتٍ داخليةٍ .

ونظرًا لعدم وجود حدودٍ واضحةٍ بين هاتين المجموعتين من الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، فقد لجأ بعض الباحثين إلى تعميم استخدام مصطلح " مفترسات predators " على جميع الفطريات المحللة للنيماتودا nematode - destroying fungi، بينما يشار إلى الفطريات المتطفلة داخليًا endozoic بأنها " متطفلات parasites " ، ويشار إلى النيماتودا الضحية بأنها " عائل host " . ويطلق بعض الباحثين على الفطر المتطفل خارجيا " مفترس predator " ، كما يطلق على النيماتودا اسم "ضحية prey". وهكذا اختلف الباحثون فيما بينهم فى مصطلحاتهم العلمية ، بينما يلتهم الفطر ضحاياه من النيماتودا ، دون أن يعبأ كثيرا بالأسماء التى تطلق عليه أو على فريسته .



شكل (٨ – ٣)

شكل (٨ - ٣) : أنواع التراكيب الفطريـــة المتخصصة فى إصطياد النيماتودا الحرة بواسطة الفطريات خارجية التطفل . (عن Barron, 1977) .

a = عقد لاصقة معنقة Stalked adhesive knobs .

b = عقد لاصقة جالسة Sessile adhesive knobs .

c = عقدة لاصقة تشبه زجاجة الساعة hour-glass adhesive knob كما فى الفطر *Nematoctonus* .

d = فريعات لاصقة adhesive branches .

e = حلقات غير منقبضة non-constricting rings .

f = شبكة هيفية لاصقة ذات مســـتويين two-dimensional scalariform adhesive net .

g = شبكة هيفية لاصقة ثلاثية الأبعاد three-dimensional adhesive net .

h = حلقات منقبضة (ضاغطة) constricting rings .

ثالثا ـ الفطريات خارجية التطفل (المفترسات) :

تنمو هيفات هذه الفطريات على المواد العضوية وفى التربـــة الخصبـــة بصـــورةٍ متناثـــرةٍ ، ويتوقف نموها على وجود عشيرةٍ نيماتوديةٍ وفيرة العدد ، وعلـــى كفـــاءة هيفات الفطر فى تكوين التراكيب المناسبة لاصطياد ضحاياها من النيمـــاتودا للتغذيـــة عليها .

ومعظم الفطريات المتطفلة خارجيًا تتكون مصائدها فى وجـــود النيمـــاتودا الحـــرة بالقرب من هيفاتها ؛ حيث تستجيب هذه الهيفـــات إلى المـــواد الكيميائيـــة المشجعـــة لتكوين هذه التـــراكيب الصائـــدة للنيماتـــودا ؛ والتى تفـــرز من جسم النيماتودا نفسه . ومع ذلك ، يمكن أن تتكون على هيفات الفطر مثل هذه المصـــائد حتـــى فـــى غيـــاب النيماتودا .

وقد تتكون هذه المصائد الفطرية مباشرةً على كونيديات الفطر ، مكونة ما يسمى بـــ " المصائد الكونيدية conidial traps " (Dackman et al., 1992) ، أو قد تظهر هذه التراكيب على مسافاتٍ متباعدةٍ على طول الهيفات الفطرية النامية فى التربة أو علـــى المادة العضوية .

رابعاً : التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا
Organs of capture :

١ – الهيفات اللاصقة Adhesive hyphae :

تتميز هذه التراكيب الفطرية بوجود مواد لاصقة على سطحها ؛ يفرزها الفطر بغرض التصاقها بجليد النيماتودا المارة بجوارها ، فإذا لامس سطح النيماتودا هذه الهيفات التصقت بها على الفور . وينتشر هذا النوع من التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا فى الفطريات غير الراقية ذات الميسليوم غير المقسم ؛ مثل الفطريات الزيجية Zygomycetes .

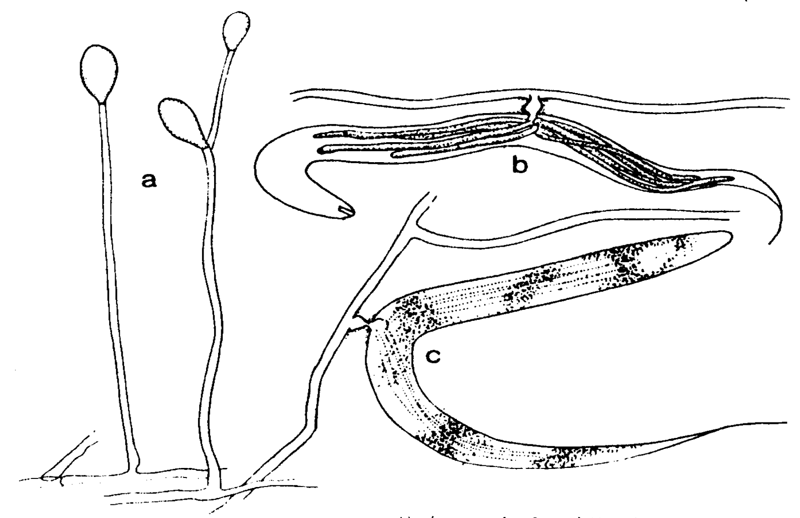
ومثل هذه الفطريات ، لا يتكون على هيفاتها تراكيب فطرية معقدة ، إلا أن الميسليوم الفطرى يعمل كمصيدةٍ لاصقةٍ ، مستخدما مواد لاصقة قوية ، يصعب على النيماتودا التخلص منها . ولا توجد منطقة محدودة من الميسليوم الفطرى تتميز بإفراز المواد اللاصقة ، بل تفرز هذه المواد على طول هيفات الفطر ، إما بصورة مستمرة ، وإما كاستجابةٍ سريعةٍ لملامسة جسم النيماتودا الحرة لجزءٍ من هيفات الفطر أثناء تجوالها فى التربة .

وفى بعض الفطريات الزيجية المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ، تتكون جراثيم كلاميدية سميكة الجدار ؛ كما هى الحال فى الجنس *Cystopage* . وفى الفطريات الأكثر رقيا يتكون حامل كونيدى قائم يحمل كونيدة واحدة أو عددا قليلا من الكونيديات؛ كما يشاهد فى الجنس *Stylopage* . ومن أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس الفطر *S. hadra* ؛ الذى يتطفل على عديد من أنواع النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة .

وتتميز هيفات الفطر *S. hadra* بأنها متناثرة فى التربة ، وتتفرع تفرعات غير منتظمة الزوايا . والهيفات اللاصقة تكون عادة قوية وأكثر سمكا فى المنطقة التى تلتصق منها بجسم فريستها من النيماتودا (شكل ٨ – ٥) . وتأخذ هذه الهيفا اللاصقة لونا مصفرا مميزا ، كما يمكن مشاهدة المادة اللاصقة التى تفرزها هيفات الفطر عند التصاقها بجسم الفريسة .

وبعد أن يتمكن الفطر من فريسته (من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة) ،

يكون عضو التصاق appressorium على الجزء من الهيفا الملامس لجليد النيماتودا (شكل ٨ - ٤) . ولا تموت النيماتودا التى تم أسرها بسرعة ، ولكنها تظل حية لفترة ما ، تتحرك خلالها لمقاومة التصاق جليدها بهيفات الفطر اللاصقة ، محاولة الفرار من هذه المصيدة دون جدوى ؛ حتى تستنفذ قواها ، ويخور عزمها ، وتستسلم لمصيرها المحتوم.



شكل (٨ - ٤) : الفطر *Stylopage hadra* .
a - حوامل كونيدية وكونيديات .
b - نيماتودا حديثة الأسر ، تنمو داخلها هيفات الفطر الماصة للغذاء .
c - هيفات الفطر المتغذية على محتويات الفريسة بعد هجرة محتوياتها ، ونمو البكتريا داخل أحشاء النيماتودا المتحللة .

ويخترق جليد النيماتودا هيفا دقيقة تنشأ من عضو الالتصاق ، تنمو خلال جسم الضحية مخترقة أنسجته الداخلية ، ومحللة لأحشائها ، يطلق عليها اسم " وتد العدوى infection peg " . وتتكون هيفات طويلة غير متفرعة تمتص محتويات جسم النيماتودا . وتنمو هذه الهيفات فى جميع الاتجاهات على طول جسم النيماتودا ؛ حيث يطلق عليها اسم الهيفات الماصة للغذاء absorptive hyphae (شكل ٨ - ٤ - b) .

وبعد أن يتم الفطر نموه داخل جسم الفريسة وتحليله لأنسجتها الداخليـــة ، يـــهاجر بروتوبلازم الهيفات الماصة للغذاء إلى هيفات الفطر المنتشرة خارج جسم النيماتودا بعد هضمها ، تاركا هذه الهيفات الداخلية خالية من البروتوبـــلازم . ثـــم يكـــون الفطـــر جدارا عرضيا يمنع تراجع البروتوبلازم مرة أخرى إلى الهـــيفات الماصــــة داخـــل جسم النيماتودا المتحلل ؛ وبذلك يتحول جسم النيماتودا إلى كيس خال من المحتويـــات الداخلية ، ويصعب تحديد وجود هيفات الفطر داخله . ويظل جليد النيماتودا باقيـــا دون تحلل ؛ وذلك بسبب مقاومته لإنزيمات الفطر المحللة .

وفى هذه المرحلـــة تنشط بكتيريا التربـــة فى مهاجمـــة بقايـــا جســـم النيماتــــودا المتحللة (شكل ٨ – ٤ – c) ، وتتميز هيفات الفطريات الزيجية بعدم قدرتـــها علـــى إفراز مضادات حيوية تمنع نمو غيرها من أحياء التربة الدقيقة علـــى فرائســـها مـــن النيماتودا ، بعكس الحال فى الفطريات الناقصة .

وتكون هيفات الفطر *S. hadra* حوامل كونيدية مبعثرة ؛ يحمل كل منـــها كونيـــدة واحدة كبيرة الحجم ، يتراوح طولها بين ٢٠ و ٤٥ ميكرونا ، ويتراوح عرضها بيـــن ١٣ و ٢٣ ميكرونا (شكل ٨ – ٤ – a) . وتتناثر هـــذه الحوامل الكونيديـــة خـــارج جسم النيماتـــودا ؛ حيث تحمل بعضها كونيديات على حوامل كاذبة المحـــور . ويتـــم إنبات كونيديات هذا الفطر من أى طرف من أطرافها .

ولم يـــشاهد أى تكاثر جنسي للفطر *S. hadra* ، فى حين أن الأنواع الأخرى التابعة لنفس الجنس *Stylopage* – والتى تهاجم الأميبا – تكون جراثيم زيجية zygospores ؛ لذلك يوضع الفطر *S. hadra* فى طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes .

وعلى الرغم من تشابه المواد اللاصقة المتكونة فى الفطريات الزيجية فى وظيفتـــها مع تلك المتكونـــة فى الفطريات الناقصة ، إلا أنها تختلف عنها فى لـــونها وطبيعـــة تكوينها . ففى الفطريات الزيجية تتراكم هذه المواد اللاصقة عند الجـــزء مـــن الـــهيفا الملامس لجسم النيماتودا التى تم الالتصاق بها وأسرها ، ويكـــون لـــون هـــذه المـــادة اللاصقة أصفر ذهبيا ، ذا قوام لزج ؛ مما يسهل ملاحظته عند الفحـــص المجـــهرى . وتتميز المادة اللاصقة المتكونة على هيفات الفطريات الزيجية بقدرتها الشديـــدة علـــى الالتصاق بجليد النيماتودا . ولا تكون هيفات هذه الفطريات أية تراكيب أخرى لاصطياد النيماتودا .

بينما يتكون على هيفات الفطريات الناقصة تراكيب متخصصة فى اقتناص النيماتودا الحرة ؛ مثل الشباك اللاصقة adhesive nets ، وهى تراكيب هيفية معقدة ، تمكن الفطر من الإمساك بضحاياه من النيماتودا الحرة المتجولة حوله ، هذا بالإضافة الى إفراز المواد اللاصقة على مثل هذه التراكيب المتخصصة ؛ مما يزيد من كفاءة الفطر فى اصطياد فرائسه .

٣ - الفروع اللاصقة Adhesive branches :

يتم اصطياد النيماتودا الحرة - فى هذه الحالة - بتكوين الفطر المتطفل فروعا قائمة تتكون من هيفاته المتفرعة المقسمة . وتغطى هذه الفروع الهيفية القصيرة طبقة من مادةٍ لاصقة تمسك بسطح النيماتودا . ويعتبر هذا الأسلوب قليل الانتشار بين الفطريات المتطفلة خارجيًا ، وهو يميز بعض الفطريات التابعة لطائفة الفطريات الناقصة .

وتتميز الفطريات الراقية المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة بقدرة هيفاتها المقسمة على الاندماج hyphal fusions ، وتكوين تركيباتٍ هيفيةٍ معقدةٍ يشترك فى تكوينها عديد من الخلايا ؛ حتى تتكون فى النهاية مصيدةٌ محكمة يصعب على النيماتودا الإفلات منها .

ويصعب التفرقة - أحيانا - بين الفروع اللاصقة والعقد والشباك اللاصقة ؛ وترجع صعوبة التعرف على مثل هذه التراكيب الفطرية إلى أن الفطر الواحد يمكنه تكوين عديدٍ من هذه التراكيب المتخصصة فى اصطياد النيماتودا الحرة على هيفاته ؛ حيث تشترك جميعها فى الإمساك بفرائس النيماتودا العابرة بجوار الهيفات الفطرية ؛ سواء عن طريق الصدفة ، أم نتيجة استجابة هذه النيماتودا للمواد الكيميائية الجاذبة لها والتى تفرزها هذه التراكيب ؛ فتتجه النيماتودا إلى الشَرَك المجهز لها ، دون أن تفطن هى إلى حيلة الفطر المفترس .

وفى دراسةٍ حديثةٍ (Saxena & Mittal, 1995) على الجنس *Monacrosporium* الذى يتبع الفطريات الناقصة ، تم التعرف على حوالى ٣٥ نوعا من أنواع المصائد الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا فى الأنواع الفطرية التابعة لهذا الجنس ؛ حيث تمت دراسة هذه التراكيب الفطرية باستعمال الميكروسكوب الإليكترونى الماسح

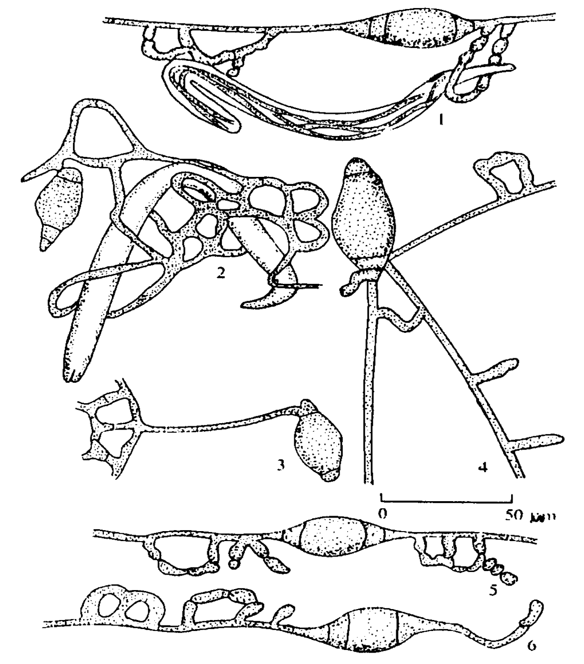
SEM ؛ للتعرف على كيفية اصطياد الأنواع المختلفـــة للجنـــس *Monacrosporium* للنيماتودا الحرة *Panagrellus redivivus* . ويوضح جدول (٨ – ٢) أهم التراكيب الفطرية التى تم فحصها ، بينما يوضح شكل (٨ – ٥) بعض هذه التراكيب .

جدول (٨ – ٢) : بعض المصائد الكونيدية conidial traps التى تكونها أهم الأنـــواع التابعـــة للجنس *Monacrosporium* (عن Saxena & Mittal, 1995)

مسلسل	اسم الفطر	نوع المصائد المتكونة على كونيدياته
١ –	*M. aphrobrochum*	حلقات منقبضة
٢ –	*M. asthenopagum*	عـــقـــد لاصقة
٣ –	*M. bembicodes*	حلقات منقبضة
٤ –	*M. cionopagum*	فروع لاصقة
٥ –	*M. cystosporum*	شباك لاصقة
٦ –	*M. eudermatum*	شباك لاصقة
٧ –	*M. ellipsosporum*	عـــقـــد لاصقة
٨ –	*M. gephyropagum*	فروع لاصقة
٩ –	*M. lysipagum*	عقد لاصقة وحلقات غير منقبضة
١٠ –	*M. mammillatum*	عـــقـــد لاصقة
١١ –	*M. megalosporum*	شباك لاصقة
١٢ –	*M. parvicolle*	عـــقـــد لاصقة
١٣ –	*M. phymatopagum*	عـــقـــد لاصقة
١٤ –	*M. salinum*	شباك لاصقة
١٥ –	*M. thaumasium*	شباك لاصقة

وتتكون الفروع اللاصقة منتصبة فوق سطح البيئة التى ينمو عليها هيفـــات الفطـــر المتطفل . وقد تمتد هذه الهيفات على سطح البيئة ، أو تكون مغمورة تحت ســـطحها ، حاملة معها الفروع اللاصقة ، وهذا لا يقلل من كفاءتها فى قنص النيماتودا .

ومن المهم أن تظهر هذه التراكيب الفطرية اللاصقة مرتفعة لمسافة قصـــيرة فـــوق سطح المادة العضوية أو التربة التى تنمو عليها ؛ حيث إنها تأخذ وضعا مناسبا يمكـــن لها بسهولة الالتصاق بضحاياها من النيماتـــودا المتجولة بالقرب من ســـطح البيئـــة أو على سطحها مباشرة ، وخاصة تحت ظروف الرطوبة العالية . وبمجـــرد أن تتلامـــس النيماتودا بإحدى هذه المصائد اللاصقة ، فإنها تمسك بها بشدة ، وسرعان ما تخـــترق هيفا العدوى التى يكونها الفطر جليد الفريسة وينمو داخلها .



شكل (٨ - ٥) : بعض المصائد الكونيدية conidial traps المتكونة على كونيديات بعض الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Monacrosporium* المتطفل على نيماتودا *Panagrellus redivivus* (عن Saxena & Mittal, 1995) .

١ - نيماتودا تم أسرها وإصابتها عن طريق الفروع اللاصقة الناتجة عن إنبات كونيدة للفطر *M. cionopagum* .

٢ - نيماتودا مغطاه بشبكةٍ من الهيفات اللاصقة متكونة من إنبات كونيدة للفطر *M. salinum* .

٣ - كونيدة للفطر *M. cystosporum* تحمل حلقاتٍ لاصقة adhesive loops على هيفا الإنبات germinative hypha .

٤ - كونيدة مقسمة بثلاثة جدر عرضية للفطر *M. eudermatum* ، تبدأ في تكوين شبكةٍ لاصقةٍ على هيفا الإنبات .

٥ - كونيدة الفطر *M. cionopagum* منتجة فروعا لاصقة على طرفيها .

٦ - كونيدة الفطر *M. gephyropagum* ذات فريعات قصيرة ، يتحد بعضها مع بعض لتكوين شبكةٍ هيفيةٍ .

وعادة ما تتكون الفروع اللاصقة متجاورة بعضها بجوار بعض ؛ بحيث يلتصق عديد من هذه الفروع بجليد النيماتودا على طول جسمها ، ويؤدى هذا الهجوم المتعدد إلى عرقلة حركة الضحية ، ويجعل هروبها من المصيدة الفطرية أمرا صعبا ، إن لم يكن مستحيلا .

وفى هذا النوع من المصائد الفطرية يتم اصطياد النيماتودا الصغيرة الحجم عادة ، بينما تستطيع النيماتودا الكبيرة والأكثر قوة الإفلات من المادة اللاصقة عن طريق قوة تموجات عضلاتها ، وتهرب من قبضة هذا الفطر المتوحش .

وترتبط قدرة النيماتودا على الإفلات من قبضة هذا الفطر بالظروف البيئية التى تحيط بها ؛ فعندما ترتفع رطوبة البيئة لا تستطيع النيماتودا التملص من قبضة الفروع اللاصقة للفطر ؛ بينما فى ظروف الجفاف - حيث لا يوجد سوى طبقة رقيقة من الماء حول جزئيات المادة العضوية وحبيبات التربة - فإن النيماتودا تستعمل ظاهرة التوتر السطحي كقوة إضافية لتحررها من المصيدة الفطرية .

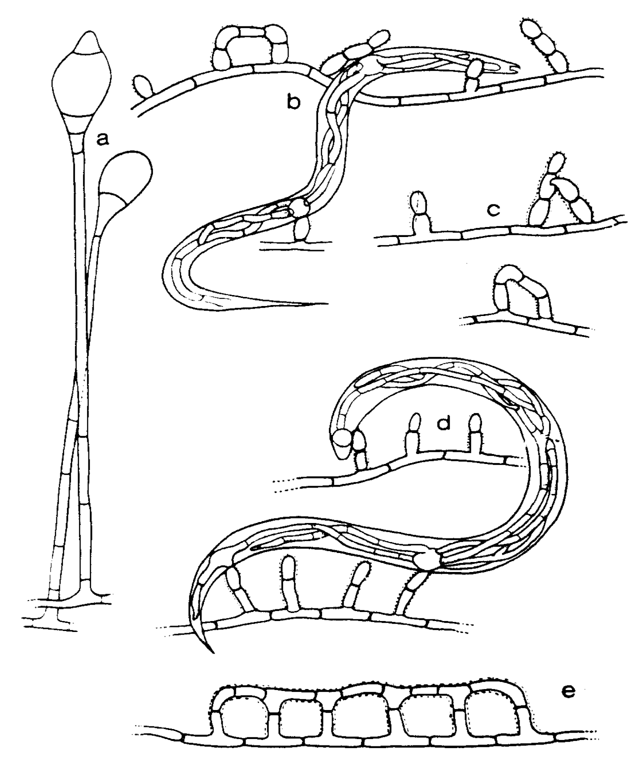
وعلى العكس من ذلك ، فكلما زادت لزوجة الوسط تطلب الأمر مجهودا مضاعفا من النيماتودا لكى تتحرر من قبضة الفطر المتطفل .

ومن أهم الفطريات المكونة للفروع اللاصقة ، تلك الأنواع التابعة للجنس *Dactylella* ؛ مثل : *D. gephyropaga* ، و *D. cionopaga* .

وفى بعض الحالات ، قد تتقارب الفروع اللاصقة بعضها من بعض ؛ حيث تنمو هيفا تصل بينها مكونة جسرا مشتركا ، ويكون ذلك مصيدة فطرية ذات شكل حلقى hoop - like trap (شكل ٨ - ٦ - c) ، كما فى الفطر *D. cionopaga* . ويعتبر هذا التركيب الفطرى بمثابة شبكة أولية primitive net . بينما تتكون هذه الحلقات فى فطريات أخرى بطريقة مبعثرة على طول هيفات الفطر .

وفى حالات أخرى نلاحظ أن الفروع اللاصقة تكون غير منتظمة فى شكلها وحجمها ، وتوجد متباعدة - بعضها عن بعض - على طول هيفات الفطر ؛ كما فى حالة الفطر *D. gephyropaga* (شكل ٨ - ٦ - d) .

وقد تنمو فروع لاصقة عمودية على هيفات الفطر فى حالات أخرى ؛ حيث تتحد أطرافها مع بعضها ؛ مكونة شكلا سلميا لاصقا ladder-like adhesive network (scalariform) (شكل ٨ - ٦ - e)



شكل (٨ – ٦) : الفروع اللاصقة Adhesive branches .

a - c = الفطر *Dactylella cionopaga* .

a = حوامل كونيدية ، يحمل كل منها كونيدة وحيدة طرفية .

b = نيماتودا تم اصطيادها بواسطة الخلية الوسطية لفرع لاصق .

c = فرع لاصق يظهر من هيفا جسدية .

d - e = الفطر *Dactylella gephyropaga* .

d = نيماتودا تم اصطيادها بواسطة فرع لاصق .

e = شكل سلمى لاصق ثنائى الأبعاد ، منكون عن طريق اتحاد عدة فروع لاصقة بعضها مع بعض .

ويلاحظ أن الفطرين الســـابقين *D. cionopaga* و *D. gephyropaga* يتكـــاثران لاجنسيًا ، بتكوين كونيدةٍ وحيدةٍ على قمة حوامل كونيديةٍ قائمةٍ (شكل ٨ – ٦ – a) .

وفى دراسة حديثة لأحد أنواع الجنس *Dactylella* (Liou et al., 1995) – وهـــو الفطر *D. formosana* – وُجد أن هذا الفطر يكوّن عقداً لاصقــة adhesive knobs ، وليس فروعاً لاصقة ، وهذا يوضح اختـــلاف التـــراكيب الفطرية الصائدة للنيمـــاتودا داخل الجنس الفطرى الواحـــد . وعلى سبيل المثال تكون الفطريات *D. multiformis* و *D. ramiformis* شباكاً لاصقة adhesive nets ، بينما يكوّن الفطر *D. leptospora* عقداً لاصقة وحلقات غير منقبضة .

٣ – الشباك اللاصقة Adhesive nets :

تعتبر الشباك اللاصقة أكثر التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطيـــاد النيمـــاتودا الحرة المتجولة فى التربة والمواد العضوية المتحللة شيوعاً ؛ حيث تتكون هذه التراكيب الفطرية على هيفات كثير من الفطريات الناقصة المتطفلة على النيماتودا ، وهذه أكـــثر الأنواع فتكاً بالنيماتودا الحرة .

وتختلف هذه الشباك اللاصقة فى تركيبها ومدى تطورها ؛ فقد تتكون من حلقة فردية تشبه الأنشوطة (شكل ٨ – ٨ – a) ؛ كما هى الحال فـــى الفطـــر *Arthrobotrys musiformis*، أو تكون معقدة التركيب ، عبارة عـــن شبكـــة ثلاثيـــة الأبعـــاد معقـــدة التفرعـــات ؛ كما هى الحال فى الفطر *A. oligospora* (شكل ٨ – ٩) .

وتظهر هذه الشباك اللاصقة – عادة – فوق سطح البيئة التى تنمو عليـــها هيفـــات الفطر المتطفل – شأنها فى ذلك شأن الفروع اللاصقة – حيث يفرز الفطر مواد لاصقة على السطح الداخلى لهذه الشباك ، تلتصق بجليد النيماتودا بقوة .

ويعتبر الفطر *Arthrobotrys oligospora* من أكثر الفطريـــات المتطفلـــة علـــى النيماتودا الحرة شيوعاً فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . ويكون هذا الفطـــر شباكه اللاصقة عن طريق تكوين فرع جانبى من هيفاته ؛ حيث ينمـــو هـــذا الفـــرع وينحنى على نفسه ، حتى تلامس قمته مكان التفرع عند قاعدة الفرع ، ثم تتحـــد قمـــة الفرع مع الخلية القاعدية ؛ مكونة حلقة أولية . وتتكون عديد من الحلقات علـــى طـــول الهيفا الفطرية ؛ مما يعطى – فى النهاية – شبكة معقدة التركيب ثلاثية الأبعاد .

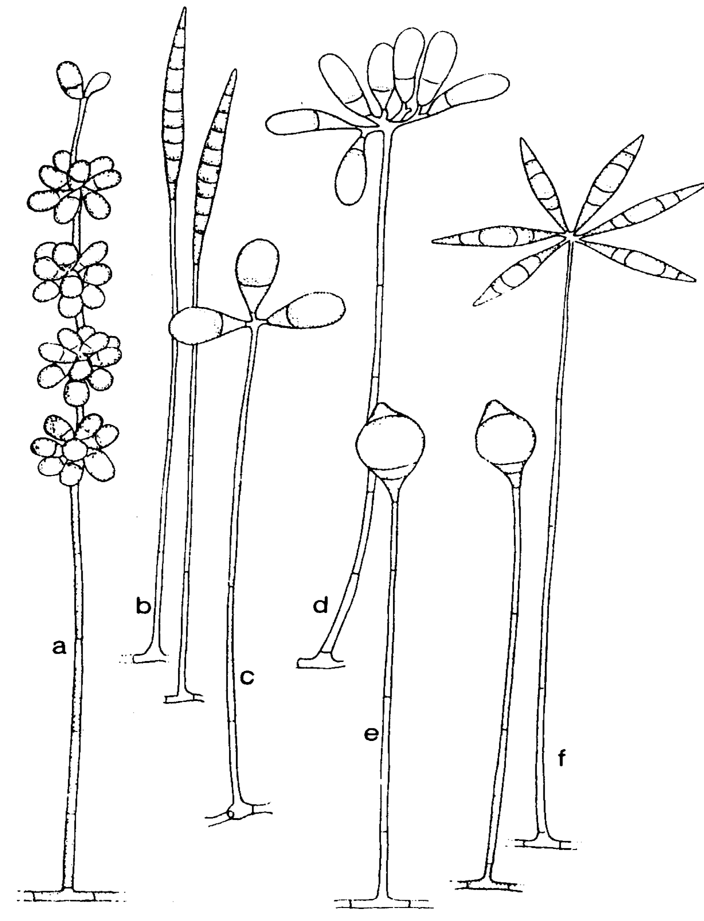
وتتميز هذه الشباك اللاصقة بقدرتها الفائقة على الالتصاق بجليد النيماتودا التى تمر ملامسة لها ، وخاصة النيماتودا الصغيرة الحجم . وعند فحص هذه الشباك اللاصقة بواسطة الميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM ، وجدت مواد لاصقة تغطى سطح هذه التراكيب الفطرية (Nordbring-Hertz, 1972) .

وتتميز هيفات الفطر *A. oligospora* بنمواتها المبعثرة على سطح بيئة الأجار المائى فى وجود النيماتودا الحرة ؛ حيث تصنع هذه الهيفات خطوطاً طولية تقطع طريق النيماتودا الحرة أثناء تجولها على سطح بيئة الأجار بحثاً عن غذائها . وتتكون على هذه الهيفات الفطرية شباك لاصقة تتوزع على طول هذه الهيفات ؛ مكونة نظاماً فتاكاً لا تنجو منه أية نيماتوداً شاردةٍ أو واردةٍ .

ولا يسبب تلامس جسم النيماتودا بمصائد الفطر الشبكية التصاقاً فوريًا بجليدها ؛ فقد تسبح النيماتودا فى حقلٍ من الشباك الفطرية ، مارةً من خلال عديدٍ من هذه الشباك القاتله ، دون أن ينالها مكروه . ويبدو أن الأمر يحتاج إلى تلامسٍ لفترةٍ قصيرةٍ ، وربما عدة تلامساتٍ ؛ حتى يتنبه الفطر لوجود هذه النيماتودا ، ثم تبدأ شباكه فى القبض على هذه الفريسة الغافلة ، التى ربما وقفت لبرهةٍ تتغذى على بعض المستعمرات البكتيرية التى فى طريقها ؛ فأصبحت – هى نفسها – غذاءً للفطر المتطفل .

وتلتصق هذه الشباك الفطرية بجليد فرائسها النيماتودية بقوةٍ ؛ فإذا شعرت النيماتودا بما يعوق حركتها ، حاولت – قدر استطاعتها – التخلص من التصاق الشبكة الفطرية بجسمها محاولة الهرب ؛ فيؤدى ذلك إلى تلامسها مع عديدٍ من هذه الشباك اللاصقة على طول جسمها ؛ حيث تلتصق بها أيضاً ؛ فيزيد ذلك من إحكام قبضة الفطر المتطفل على فريسته ، التى تفقد اخر أملٍ لها فى النجاة بحياتها . كما تؤدى المحاولات المستمرة للنيماتودا – التى تم أسرها – للهروب ، إلى استنفاذ طاقتها الحيوية ، ثم تسكن – بعد ذلك – وتستسلم لقضائها .

ولا تعتبر هيفات الفطر النامية على طول المستعمرة ، ولا شباكه اللاصقة تراكيب ثابتة ، بل إنها تتحرك تجاه الإفرازات التى تنتج عن النيماتودا الحرة التى تتجول حولها. وتلعب هذه الحركة البطيئة للهيفات والشباك اللاصقة دورا كبيرا فى القبض على النيماتودا ؛ حيث تحيط بها هذه التراكيب الفطرية من كل جانب وتجعل هروبها أكثر صعوبة .



شكل (٨ – ٧) : الحوامل الكونيدية وكونيديا بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة .

a,c,d = الجنس *Arthrobotrys* .　　b,e = الجنس *Dactylella* .

f = الجنس *Dactylaria* .

وبالنسبة إلى الفروع اللاصقة sticky branches ، فإنها تقبض على النيماتودا الصغيرة التى تلتصق بها بسهولة ، بينما قد تهرب من قبضتها النيماتودا الكبيرة عن طريق حركة عضلاتها القوية . إلا أن الفطر المتطفل لم يفته ذلك ، ولم يترك الأمر للصدفة ؛ فهو يقبض على هذه النيماتودا الكبيرة ؛ عن طريق شباكه اللاصقة ذات الفعالية الكبيرة فى القبض على هذه الفرائس الضخمة وشل حركتها .

ويتم التصاق هيفات الفطر بجليد النيماتودا فى عدة مواضع ، وعندما تتنبه الفريسة إلى وضعها الحرج ، فإنها تعمل على زيادة حركاتها العضلية فى محاولة منها للتخلص من قبضة هيفات الفطر ، إلا أن ذلك يؤدى إلى زيادة التفاف هيفات الفطر على طول جسمها ، ثم تتدهور حالة الفريسة ، وتصبح عديمة الحيلة ، وعلى ذلك فإن الفطر المتطفل يستعمل نفس الوسائل فى القبض على فرائسه الكبيرة والصغيرة على حد سواء .

ويغزو جسم الضحية عديدا من هيفات الفطر ؛ وذلك بعد ساعات قليلة من اصطيادها . وتظهر هيفات العدوى (infection pegs) من شبكة الهيفات الفطرية التى تحيط بالفريسة ؛ حيث يظهر تركيب منتفخ بعد اختراق جليد النيماتودا مباشرة يطلق عليه اسم " مثانة العدوى infection bulb " يملأ فراغ جسم النيماتودا أسفل منطقة العدوى مباشرة .

ومن هذه المثانة ، تنمو هيفات فطرية غير مقسمة وغير متفرعة ، تنتشر على طول جسم النيماتودا المصابة ؛ حيث تموت الفريسة مباشرة عند هذه المرحلة . ويمكن القول إن مثانة العدوى تقسم الأحشاء الداخلية لجسم النيماتودا إلى قسمين ؛ فإذا تعددت مناطق العدوى على طول جسم النيماتودا ، مزقت مثانات العدوى المتكونة الأحشاء الداخلية للنيماتودا إربا ، بينما يظل الجليد الخارجى دون تحلل ظاهرى .

ولقد أثبت Shepherd (1955) أن الفطر المتطفل يفرز مادة سامة (توكسين toxin) داخل جسم النيماتودا من خلال مثانة العدوى ؛ حيث يعمل ذلك التوكسين على التعجيل بموت الفريسة . ولقد لاحظ هذا الباحث أن النيماتودا التى يقوم الفطر المتطفل بأسرها وإصابتها ، يثبط نشاطها ، وتقل حركتها بعد اختراق وتد العدوى infection peg لجليدها ؛ حيث تفقد الضحية حيويتها فى أقل من ساعة بعد وقوعها فى الأسر .

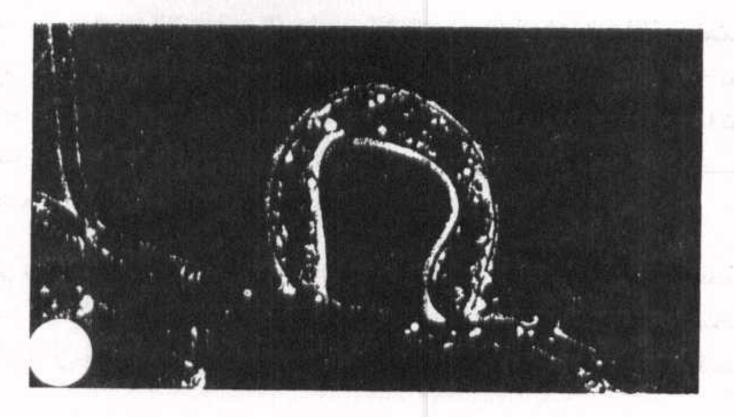
وهناك عديــد من هذه الفطريــات المتطفلة على النيماتودا التى تعتمد على إفرازها للمــواد السامة (التوكسينات) ، وهى كلها تعتمــد على الدراســات التــى أجراهــا الباحثان Olthof & Estey (1963) ؛ حيث أوضحت نتائجهما أن مترشح النيمــاتودا المصابة بالفطر *Arthrobotrys oligospora* يحتوى علــى مــادة مثبطــة لنشــاط النيماتودا nematode-inactivating substance . وفى دراسة أخــرى ، يعتقد الباحثان Balan & Gerber (1972) أن الفطر ينتج أمونيا تعمل على سرعة موت النيمــاتودا التى تخترقها هيفاته .

ومن مثانــة العــدوى infection bulb تنمو هيــفات الفطــر بطــول جــسم الضحية ، مخترقة أحشاءها الداخلية ومحللة أنسجتها . ولا يتبقى من الفريســة ســوى جليدها الخارجى الذى يقاوم التحلل . وبعــد انتــهاء مراحــل العــدوى ، يــتراجع بروتوبلازم هيفات الفطر المنتشــرة داخــل جسم النيماتــودا المتحلــل ، وتصبــح الهيفات الداخليــة خالية من محتــوياتها التى تنتقل إلى هيفات الفطــر خــارج جســم الفريسة . وذلك يعنى انتقال جميع المــواد الغذائيــة - القابلــة للاســتفادة بواســطة الفطر المتطفل - إلى هيفاته الخارجية ؛ لمزيد من النمو والتكاثر ، والبحث عن فرائس جديدة .

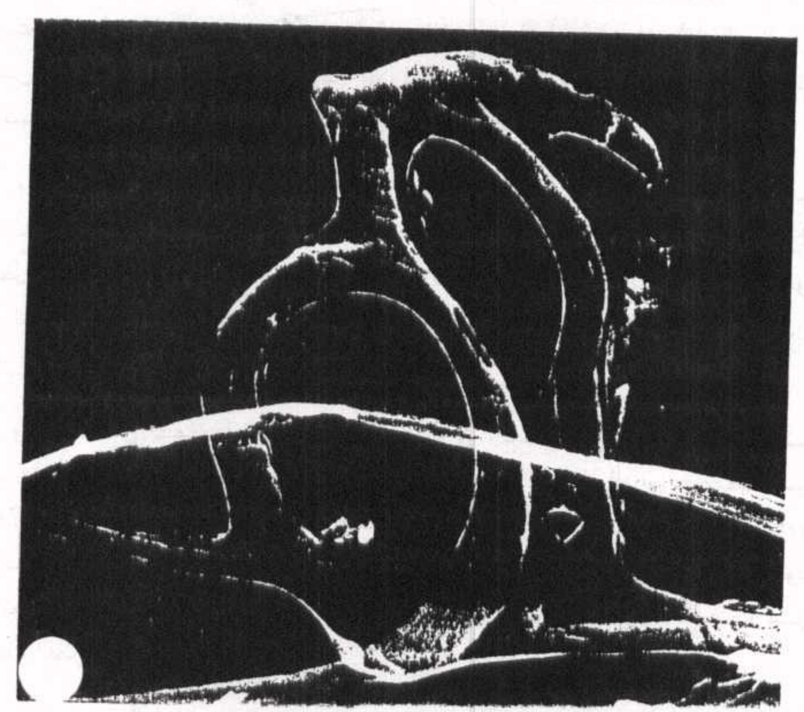
ويكون الفطر جراثيم ساكنة ، تعرف بــ " الجراثيم الكلاميدية chlamydospores "؛ تتكون على طول هيفات الفطر المنتشرة خارج جسم النيماتودا ، بينمــا تظــهر علــى هيفات الفطر حوامل كونيدية تحمل كونيديات .

وتتكون الحوامل الكونيدية فى الجنس *Arthrobotrys* فى زاويــة متعــامدة علــى البيئة التى تنمو عليها هيفاته ، ويحمل الحامل الكونيدى كونيدة واحدة كبيرة الحجم مــن خليتين على قمته . وفى بعــض الأنواع التابعة لهــذا الجنس يحمل الحامل مجموعــة من الكونيديات فى شكل عنقودى . فعلى سبيل المثال ، يحمل الحامل الكونيــدى فــى الفطر *A. anchonia* عنقودا واحدا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدى فــى الفطر *A. oligospora* عديدا من العناقيد الكونيدية (شكل ٨ - ٧) .

وتختلف الكونيديات المتكونة على حوامــل الفطريات التابعة للجنس *Arthrobotrys* فى حجمها وعددها ؛ ففى الفطر *A. anchonia* يحمل الحامل الكونيدى كونيدة واحدة أو عددا قليلا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *A. conoides* أكثر من ٣٠ كونيدة فى كل عنقود .



شكل (٨ - ٨) : الشباك اللاصقة Adhesive nets .
شبكة حلقية الشكل hoop - like net للفطر *Arthrobotrys musiformis* .



شكل (٨ - ٩) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM للشبكة اللاصقة فى الفطر *A. oligospora* ؛ حيث تظهر المادة اللاصقة تغطى سطح الشبكة .

ولقد جذبت المادة اللاصقة – التى تفرزها شباك هذه الفطريات المتطفلة – اهتمام عديد من الباحثين ؛ حيث وجد أنه عند إضافة بعض المياه إلى سطح أملس – تمثل طبقة الماء الرقيقة التى تغطى السطح الخارجى لهيفات الفطر – فإن النيماتودا تظل ممسوكة بقوة . وهذا يفسر كيفية عمل المواد اللاصقة التى يفرزها الفطر فى القبض على ضحاياه من النيماتودا ذات الجليد الرطب .

وفى بعض الأحيان ، يتم اصطياد النيماتودا فى إحدى عيون الشباك الهيفية للفطر المتطفل ، وعلى الرغم من أن مساحة تلامس هيفا الفطر مع جليد النيماتودا محدود للغاية ، إلا أن الفطر يقبض على الفريسة بقوة ؛ بحيث لا تستطيع الهروب من قبضته .

وفى دراسات أخرى ، وجد أن شباك الفطر اللاصقة تتخصص فى اصطياد فرائسها من النيماتودا الحرة دون غيرها من أحياء التربة الحيوانية الدقيقة الأخرى مثل الأميبا أو البرتوزوا ، كما لا يتعلق بهذه المصائد الفطرية أية كائنات دقيقة أخرى . وربما يدعو ذلك إلى الاعتقاد بوجود تخصص لهذه الأعضاء الفطرية فى اصطياد النيماتودا ، ولكن كيف تميز هذه المصائد الفطريه بين فرائسها ؟ مازال هذا السؤال دون إجابة واضحة حتى الآن .

ولقد سجل Muller (1958) مشاهدات قيمة بالنسبة إلى الشباك اللاصقة التى يكونها الفطر المتطفل *Arthrobotrys oligospora* ؛ فعادة ما تشاهد النيماتودا تتحرك داخل حلقة هيفية ، ثم تسحب نفسها فجأة من داخلها ؛ متحركة إلى الخلف ، وتعود أدراجها . وبعد ذلك بثانية أو ثانيتين ، تستكمل النيماتودا حركتها إلى الأمام مرة أخرى وفى نفس الاتجاه .

وعندما تلمس النيماتودا الحلقة الهيفية مرة أخرى ، فإنها تمر بجسمها خلال الحلقة لمسافة قصيرة ، ثم تعود أدراجها مرة أخرى ، ثم تعاود المحاولة للمرور بجسمها من خلال الحلقة الهيفية دون أن تلمسها . وهكذا تتعدد محاولات النيماتودا للمرور بجسمها من خلال الحلقة الهيفية ، دون أن تلمس جدارها الداخلى ، وقد تنجح النيماتودا – بعد عدة محاولات – من المرور خلال الحلقة الهيفية بسرعة وسلام ؛ هاربة من شباك الفطر اللاصقة المميتة .

ولقد فسر Muller تردد النيماتودا فى المرور خلال شباك الفطر اللاصقة بأن النيماتودا قد تستطيع الإحساس بوجود خطر ما يهدد حياتها . كما سجل Drechsler

(1934) مثل هذه المشاهدات أيضاً ؛ حيث لاحظ أن النيماتودا تتحرك بحرية على سطح الأجار الذى تنمو عليه هيفات لفطرياتٍ غير متطفلةٍ عليها . ولكن عندما تنمو على سطح الأجار هيفات لفطريات متطفلة تحمل تراكيب للشباك اللاصقة ، فإن النيماتودا تقف عن الحركة إذا لامست حلقة الشبكة ، وتعود النيماتودا إلى الخلف مبتعدة عن مصدر الخطر . ولقد شبه " Drechsler " هذا السلوك المفاجئ للنيماتودا وابتعادها عن شباك الفطر اللاصقة بنفس السلوك الذى يبديه شخص ما إذا لامست يده سطحا ساخناً .

وعندما تتعرض مثل هذه النيماتودا – النامية على سطح الاجار – للهلاك بفعل أحد الفطريات المتطفلة المكونة للشباك اللاصقة ، فإن أعداد هذه النيماتودا تقل إلى درجةٍ كبيرةٍ ؛ حتى تكاد جميع النيماتودا أن تباد ، إلا أنه بعد فترةٍ يعود عددها إلى الارتفاع مرةً أخرى تدريجيًا . ويبدو أن الأفراد التى استطاعت البقاء على قيد الحياة – برغم وجود شباك الفطر القاتلة – كانت أكثر قدرةً على الحركة السريعة ، كما أن شباك الفطر قد تكون أصبحت غير فعالةٍ فى القبض على فرائسها من النيماتودا ، مع تقدم هيفات الفطر المتطفل فى العمر ، وهذا ما يحدث – عادةً – فى الطبيعة .

ويستهلك الفطر غذاءه فى تكوين الكونيديات ، التى تعمل على انتشار الفطر وحفظ نوعه . وعندما تسقط هذه الكونيديات من على حواملها على سطح الاجار فإنها قد لا تنبت؛ وذلك لوجود مواد مانعة للإنبات مفرزة من الأحياء الدقيقة المختلفة التى تنمو على سطح البيئة ؛ وهذا يعمل على حفظ توازن نمو الفطر المتطفل على النيماتودا ؛ حيث إن هذه الكونيديات سرعان ما تتحلل وتموت خلال أيام قليلة .

٤ – العقد اللاصقة Adhesive knobs :

أ – العقد اللاصقة فى الفطريات الناقصة :

يتكون هذا النموذج من التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا من خلية واحدة لاصقة. وقد تكون هذه الخلية اللاصقة جالسة مباشرة على هيفا الفطر ، ولكن مثل هذه الخلايا اللاصقة عادة ما تحمل على فرع قصير عمودى (شكل ٨ – ١٠ – d) .

وتعتبر هذه الطريقة فى اصطياد النيماتودا من الطرق الشائعة فى الفطريات الناقصة Deuteromycetes ، وخاصة فى الأنواع التابعة للجنس *Dactylella* وللجنس

Dactylaria . كما تشاهد هذه العقد اللاصقة فى بعض الفطريـــات البازيديـــة ؛ مثـــل الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* .

ومن أكثر نماذج العقد اللاصقة شيوعاً فى الفطريات الناقصة ، تلك التـــى تحملـــها هيفات الفطر المتطفل *Dactylaria candida* . ويكوّن هذا الفطر خلية لاصقة كرويـــة الشكل إلى تحت كروية ، تُحْمَلُ على قمة ساق قصيرةٍ أسطوانية الشكل غير لاصقـــة ، تتكون – عادةً – من ١ – ٣ خلايا .

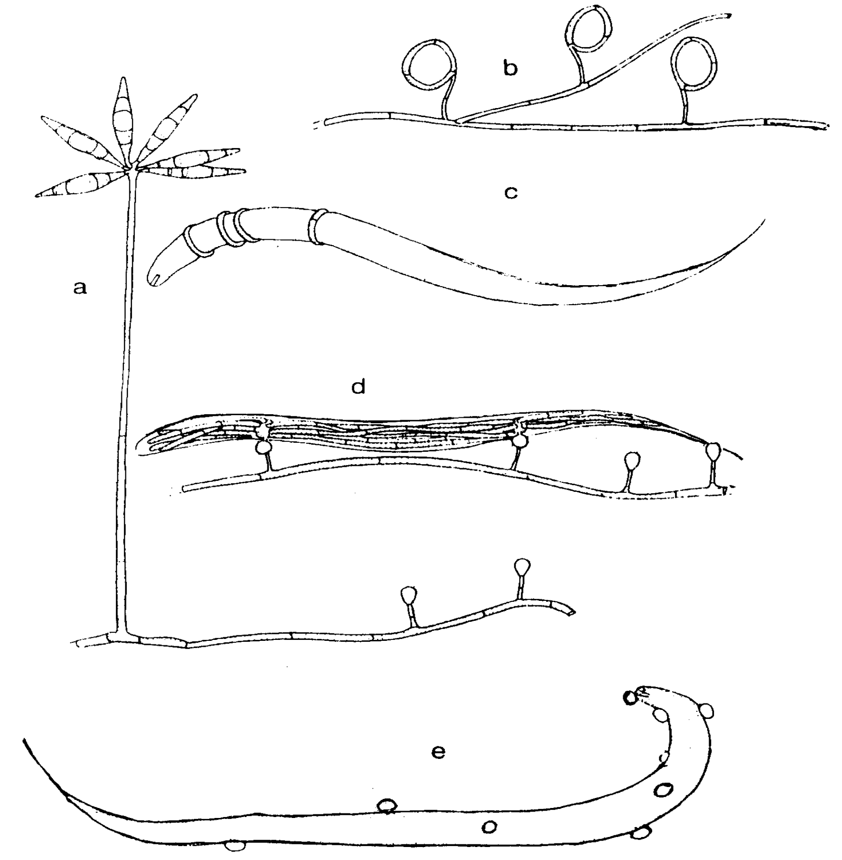
ويتكون على سطح العقدة اللاصقة طبقة رقيقة من مـادةٍ لاصقةٍ قويـــةٍ ، تلتصـــق بجليد النيماتـــودا الحرة بمجرد أن تتلامس معها ، فإذا تحركـــت النيمـــاتودا محاولـــة الهروب ، التصق بها مزيد من العقد اللاصقة الأخرى . ويلى ذلـــك اخـــتراق هيفـــات الفطر لجليد الفـــريسة ؛ حيث تنمو هـــذه الهيفات داخل أحشـــاء النيمـــاتودا ؛ محللـــة أنسجتها الداخلية .

وتتكون على هيفات بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا أنـــواع مختلفـــة مـــن التراكيب الفطريـــة الصائـــدة للنيماتـــودا . ففى الفطر *Dactylaria candida* تتكـــون عقد لاصقة وحلقات غير منقبضةٍ non-constricting rings ؛ وذلك بغـــرض زيـــادة كفاءة الفطر فى القبض على فرائسه من النيماتودا الحرة السيئة الحظ المتجولـــة حـــول هيفاته .

ولقد سجل Drechsler (1937) أن العقد المعنقة stalked knobs فى الفطـــر *D. candida* نادرة الوجود ، وهى تستخدم فى اصطياد النيماتودا الصغيرة الحجم الضعيفة البنية .

وتعتمد الحلقات غير المنقبضة فى اصطيادها للنيماتودا الكبيرة الحجم علـــى زيـــادة قطر هذه النيماتودا عن القطر الداخلى للحلقة الفطرية ؛ فإذا مرت النيمـــاتودا بطرفـــها الأمامى المستدق فإنها تستمر فى المرور حتى ينحشر جسمها فى الحلقة ، وعندما تتنبه هى إلى ذلك ، يكون الوقت قد تأخر كثيراً .

وتحاول النيماتودا الخلاص من هذه المصيدة الفطرية ؛ فتحرك جســـمها حركـــاتٍ انقباضية وانبساطية معتمدةً على قوة عضلاتها ، وقد تنجح فى فصل الحلقة عن الـــهيفا الفطرية المتصلة بها ، وتنطلق النيماتودا هاربة وحول جسمها حلقة الفطـــر ، دون أن تفطن إلى أنها تحمل حول جسمها سواراً مميتاً وأن نهايتها قد أوشكت .



شكل (٨ – ١٠) : الفطر المتطفل *Dactylaria candida* **، يكون نوعين من المصائد النيماتودية ، وعقداً لاصقة (d) وحلقات غير منقبضة (b) . ويلاحظ أن كلاً من الحلقات (c) والعقد (e) قابلة للنزع من هيفات الفطر ، بينما يحمل الحامل الكونيدى (a) عنقوداً من الكونيديات تحمل طرفيًا على قمة الحامل ، والكونيديات مقسمة بعدة جدر عرضية .**

وعلى أية حال ، فإن الفطريات التى تكون عقدا لاصقة وحلقات غـــير منقبضـــة ، تكون العقد اللاصقة أعضاء قنص ثانوية ، وغالبا ما تكون غير فعالـــة فـــى اصطيـــاد النيماتودا الكبيرة ، التى تقع فريسة سهلة داخل الحلقات غير المنقبضة . وهكذا تتعـــدد وسائل القنص والفطر واحد .

ولقد لوحظ – فى حالات كثيرة – أن النيماتودا الكبيرة التى تلتصـــق علـــى العقـــد اللاصقة فى الفطر *D. candida* تستطيع – عادة – التخلص من قبضة هذه العقد ، إلا أنه فى حالات كثيرة تنفصل هذه العقد اللاصقة عن حاملها القصير ، وتظـــل ملتصقـــة بجليد النيماتودا الهاربة ، التى سرعان ما تبتعد عن هيفات الفطر المتطفل بمـــا تحملـــه على جسمها من آثار المعركة .

ولا يعتبر هروب النيماتودا بما تحمله من عقد لاصقة على جليدها نهاية الأحـــداث، بل هى – فى الحقيقة – بـــدايتها . فقد يعلق بجسم النيماتودا أكثر من ٢٠ عقدة لاصقة؛ حيث تبدأ كل عقدة فى تكوين وتد عدوي infection peg ينمو مخترقا جليد النيماتودا. ويكون الفطر هيفات تحت جليدية يتكون منها هيفات عدوى infection hyphae تغـــزو الأحشاء الداخلية للضحية الهاربة .

ولقد شوهد مثل هذا السلوك الفطرى العدوانى فى فطريات أخرى متطفلة مثل الفطر *Dactylaria haptotyla* (Drechsler, 1950) . ويتميز هذا الفطر بأنه لايكون أيـــة حلقات ، ولكنه يعتمد كلية على العقـــد اللاصقة فى اصطياد ضحاياه مـــن النيمـــاتودا الحرة المتجولة حوله فى التربة ، وعلى المواد العضوية المتحللة .

ولا تنفصل العقد اللاصقة فى هذا الفطر عن حواملها القصيرة؛ مما يجعل الفرائـــس النيماتودية التى تلتصق بها هذه العقد مرتبطة – بقوة – بهيفات الفطر ، وتفشـــل فـــى الهرب . وقد تشاهد مثل هذه الضحايا من النيماتودا التى تم اصطيادها بهذا الفطر وهى تحمل على جسمها عقدا لاصقة منفصلة لفطريات أخـــرى ؛ مما يـــدل علـــى ســـابق تعرض هذه النيماتودا للعدوى بفطريات متطفلة وهروبها .

ويمكن للنيماتودا الهاربة أن تتجول لفترة وجيزة حاملة العقـــد اللاصقـــة المنفصلـــة عن حواملها على جليدها ، قبل أن تبدأ هذه العقد فى تكوين وتد العدوى الذى يخـــترق جليد الفريسة ؛ مكـــونا هـــيفات العـــدوى التى تنمو داخـــل أحشائها الداخلية مدمـــرة أنسجتها ويؤدى تجول النيماتودا الهاربة – بما تحمله من عقد لاصقة – إلى نشر الفطر

الممرض إلى مناطق أخرى بعيدة ، قــد تكون أكثر ملاءمة لنموه، وأكثر وفــرة فــى أعداد النيماتودا التى يفترسها الفطر المتطفل الذى يسعى للبحث عن مزيد من الضحايا .

ومما يميز الفطريات المتطفلة على النيماتودا التابعة لطائفة الفطريات الناقصة، أنــه – بعد اختراق الجليد بواسطة وتد العدوى – تتكون مثانة عدوى infection bulb تمــلأ الفراغ الداخلى لجسم العائل النيماتودى . إلا أنه من الصعوبة بمكان العثور على هــذا التركيب الفطرى داخل جسم النيماتودا المصابة ، بعكس الحال فى حالة العقد اللاصقة ؛ حيث يمكن مشاهدة مثانة العدوى فى جسم النيماتودا المصابة فى الجهة المقابلة للعقــدة اللاصقة . ومن هذه المثانة تنمو هيفات الفطر المتطفل بطول جسم النيماتودا المصابــة محللة أحشاءها .

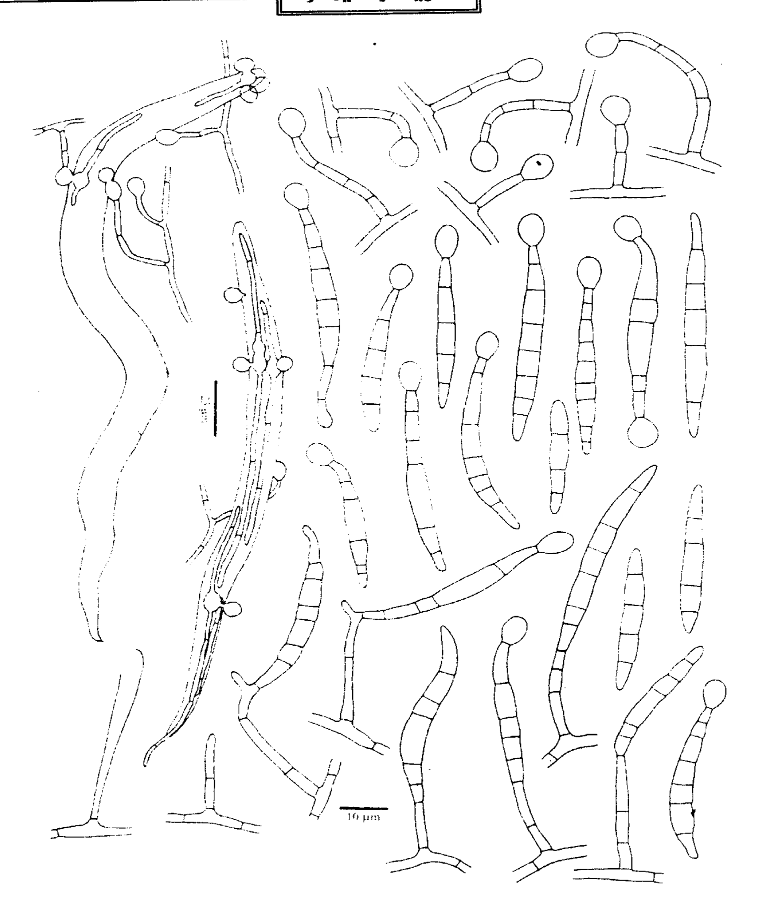
ومن الأبحاث الحديثة التى تعرضت لهذه الفطريــات المتطفلــة المكونــة للعقــد اللاصقة ، ما نشره Liou et al (1995) عن الفطر *Dactylella formosana* الــذى يكون عقدا لاصقة تتكون على أعناق جانبية تتفرع من هيفات الفطر ، كما يكون هــذا الفطر عقداً لاصقة على كونيدياته (شكل ٨ – ١١) .

ب – العقد اللاصقة فى الفطريات البازيدية :

تتميز الفطريات البازيدية Basidiomycetes بوجود تراكيب مميزة على هيفاتــها ، هى الروابط الكلابية clamp connections (شكل ٨ – ١٢) . هذه الكلابات clamps تدل على أن الهيفا ثنائية الأنوية .

ولقد فحصت عديد من الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، كــانت تتمــيز بوجود مثل هذه الروابط الكلابية ، وعلى الرغم من عدم وجود أطــوار كاملــة لــهذه الفطريات ، فإنها اعتبرت تابعة للفطريات البازيديــة . وعلــى ســبيل المثــال وجــد Drechsler (1941) نوعين من الفطريات الناقصة يتبعان الجنس *Nematoctonus* ، ويتميزان بوجود روابط كلابية على هيفاتها .

وليست جميع الأنواع التابعة للجنــس *Nematoctonus* متطفلــة خارجيــا علــى النيماتودا، بل إن بعضها يتطفل داخليا عليها. وتتميز الأنواع الفطرية المتطفلة خارجيــا على النيماتودا بتكوين عقد لاصقة adhesive knobs ؛ تتكون مبــاشرة علــى هيفــات الفطر (شكل ٨ – ١٢ – d) ، أو قد تتكون طرفيا فى نهاية الهيفا ، أو علــى فــرع قصير يظهر عموديا على البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر .



شكل (٨ – ١١) : الحوامل الكونيدية والكونيديات والتراكيب التـــى تصطـــاد النيمـــاتودا للفطـــر *Dactylella formosana* . لاحظ العقد اللاصقة التى تتكون علـــى ســـاق قصير أو تلك المتكـــونة على الطرف الحـــر للكونيديـــات المحمولـــة علـــى حوامل ، أو على طرفى بعض الكونيديات الحرة .

(عن Liou et al, 1995)

وفى الأنواع التابعة لهذا الجنس – ذات التطفل الداخلى – لا يتم تكوين العقد اللاصقة على هيفات الفطر ، ولكنها تتكون على طرف أنابيب إنبات جراثيم الفطر التى تهاجم جليد النيماتودا وتلتصق بها ؛ مثال ذلك الفطر *N. leiosporus* (شكل ٨ – ١٢ – b).

ويختلف شكل التراكيب الفطرية اللاصقة التى تكونها الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ فقد تتكون من خلايا مفردة ذات شكل يشبه زجاجة الساعة (شكل ٨ – ١٢ – d) ، وعند نضج هذه الخلايا تحاط بمادة غروية لزجة تأخذ الشكل الكروى .

وتتشابه الأنواع الفطرية الخارجية التطفل – التابعة للجنس *Nematoctonus* – فى طريقة إصابتها لفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة – مع طريقة إصابة الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Dactylaria* ، فيما عدا أن العقد اللاصقة تكون – عادة – قوية التثبت بهيفا الفطر ولا تنفصل عنه ؛ كما هى الحال فى الفطر *D. candida* . إلا أنه – فى بعض الحالات – قد تنفصل العقد اللاصقة المتكونة على هيفات الفطريات التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ وذلك نتيجة التفاف الفريسة حول نفسها ؛ مما يعمل على تمزق الهيفا الحاملة للعقدة اللاصقة .

ومن ناحية أخرى تختلف الأنواع المتطفلة خارجيا على النيماتودا والتابعة للجنس *Nematoctonus* فى طبيعة المواد اللاصقة ؛ فهى تنتج كميات كبيرة من المواد اللاصقة ، أكثر من تلك التى تفرزها الفطريات الناقصة . ويلاحظ أن المادة اللاصقة التى تتكون فى الجنس *Nematoctonus* تكون ذات طبيعة غروية ، وتعمل على لصق العقد اللاصقة بجليد النيماتودا بدرجة قوية تعرقل حركة الفريسة وتعوقها عن الفرار .

وقد تؤدى شدة التصاق العقد اللاصقة بجليد النيماتودا إلى نجاحها فى الهروب منسلخة من جليدها الملتصق بهيفات الفطر ؛ لذلك نشاهد – فى كثير من الأحيان – جليد انسلاخ النيماتودا مغطى بعديد من العقد اللاصقة .

وتتكون العقد اللاصقة – عادة – فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematoctonus* على هيفات الفطر النامية على سطح التربة أو المادة العضوية ، سواء محمولة مباشرة على هذه الهيفات ، أم محمولة على فروع جانبية قائمة ؛ بحيث تكون مرتفعة قليلا فوق سطح البيئة . ويمكن مشاهدة هذه العقد اللاصقة باستعمال قوة تكبير بسيطة بالمجهر ؛ حيث تظهر على شكل كرات داكنة متلألئة .

وتلتصق هذه العقد اللاصقة بجليد فريستها من النيماتودا ، ثم تخترق الجليد عن طريق وتد العدوى ؛ حيث تنمو هيفات الفطر على طول جسم الفريسة مخترقة أحشاءها الداخلية . ويلاحظ أن هيفات هذا الفطر تحمل روابط كلابية ، كما أنه لا يكون مثانة عدوى infection bulb بعد اختراق وتد العدوى لجليد الفريسة ، بعكس الحال في الفطريات المتطفلة خارجيا التابعة لطائفة الفطريات الناقصة .

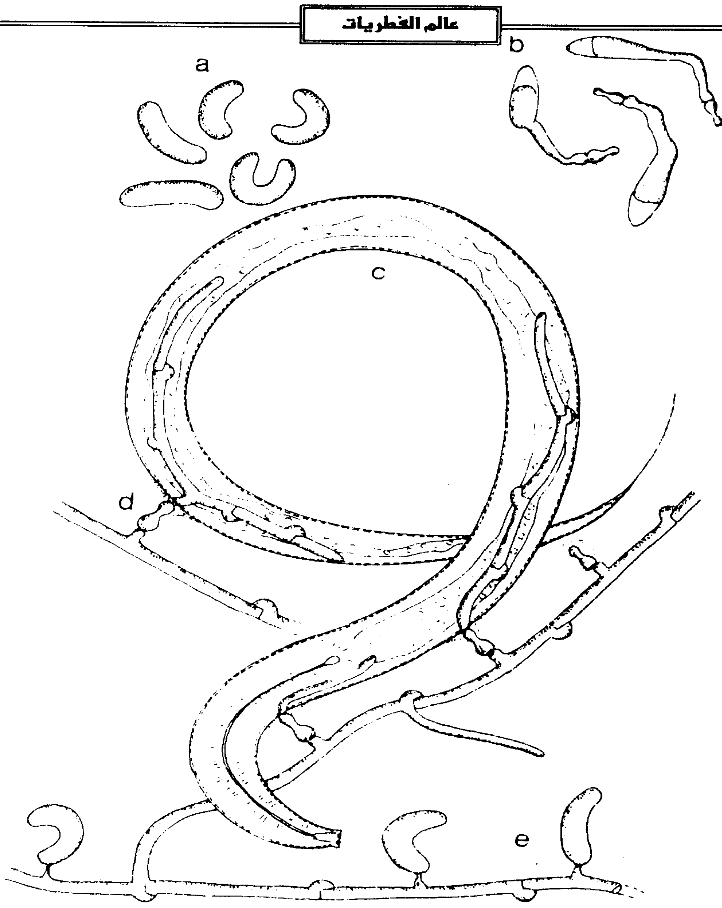
وتكون الفطريات التابعة للجنس *Nematoctonus* كونيديات فردية محمولة على نتوءات قصيرة تظهر على طول هيفات الفطر النامية على البيئة . وتأخذ هذه الكونيديات شكل السجق sousage - shaped (شكل ٨ - ١٢ - e). ويتكون على كل كونيدة عقدة لاصقة على طرفها ، تلتصق بالنيماتودا الحرة التي تتلامس معها وتصيبها.

وبالإضافة إلى الكونيديات ، يكون الفطر جراثيم ساكنة بيضية الشكل تتكون بنفس طريقة تكوين الكونيديات ، إلا أنها سميكة الجدار وذات سطح شوكي . وتعتبر هذه الجراثيم أطوارا ساكنة تساعد على بقاء الفطر حيا خلال الظروف غير المناسبة .

ولما كانت الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* لا تكون أطوارا جنسية (جراثيم بازيدية) ، فإن هذه الأنواع تصنف كفطريات ناقصة Deuteromycetes ، على الرغم من وجود الروابط الكلابية على هيفاتها .

لقد اكتشف مؤخرا الطور الكامل (البازيدي) لبعض الأنواع التابعة للجنس السابق ، وهى عبارة عن أجسام ثمرية بازيدية غير تامة التكوين . وفى بعض الحالات أمكن حث هذه الأجسام الثمرية على استكمال نموها ؛ حيث تكونت أجسام ثمرية لفطريات عيش الغراب تتبع الجنس *Hohenbuehelia* ؛ وهو أحد الفطريات التابعة لرتبة الأجاريكالات Agaricales .

وتتميز الأجسام الثمرية المتكونة فى الحالة السابقة بأن خياشيمها مشوهة ، وتحمل عددا قليلا من الجراثيم البازيدية . وعلى الرغم من ذلك تتكون هذه الجراثيم وتنضج ، ثم تنطلق وتسقط على سطح التربة . وتنبت الجراثيم البازيدية ، فإذا وجدت نيماتودا حولها ، تكونت عليها خلايا لاصقة تهاجم النيماتودا وتتطفل عليها .



شكل (٨ - ١٢) : العقد اللاصقة Adhesive knobs فى الجنس *Nematoctonus*

a = كونيديات .

b = كونيديات نابتة تحمل عقدا لاصقة على طرف أنبوب الإنبات .

c = نيماتودا واقعة فى أسر عقد لاصقة محمولة على هيفات الفطر ذات الروابط الكلابية .

d = عقد لاصقة ذات شكل يشبه زجاجة الساعة .

e = كونيديات محمولة على هيفات الفطر ذات الروابط الكلابية .

ويبلغ حجم الجسم الثمرى للفطر البازيدى *Hohenbuehelia* حوالى ســـنتيمترين ؛ وذلك عند نموه على بيئة الأجار ، بينما قد يصل إلى أحجام أكبــر من ذلك عند نمـــوه فى الطبيعة ؛ ويرجع ذلك إلى أن إلى تكوين مثل هـــذه الأجـــسام الثمريـــة الكبـــيرة تحتاج إلى كميةٍ وافرةٍ من الغذاء .

ولقد وجد أن الأنواع التابعة للطور الناقص لهذا الفطـــر - والتـــى تتبـــع الجنـــس *Nematoctonus* - تستطيع اصطياد أعدادٍ كبيرةٍ من النيماتودا الحرة المتجولـــة فـــى التربة عن طريق مصائدها الهيفية ، ولكننـــا لا يمكـــن أن نتصـــور أن تكـــون هـــذه النيماتـــودا هى المصدر الغذائى الوحيد لهذا الفطر ، سواء لنموه ، أم لتكوين أجســـامه الثمرية الكبيرة الحجم . ولكن - على أية حالٍ - يمكن اعتبار النيماتودا أحد مصـــادر تغذية الفطر ، وخاصة المصدر النتروجينى ، بينما يعتمد الفطر علـــى تحليـــل المـــواد العضوية الأخرى المتوفرة فى التربة - كالسيليلوز ، واللجنيـــن - كمصـــدر أساســـىّ للطاقة .

وفى الآونـــة الأخـــيرة ، تـــم اكتشـــاف أنـــواع عديـــدةٍ مـــن الطـــور البـــازيدى *Hohenbuehelia* فى التربة ، وعلى الأخشاب المتعفنة ، والمخلفات العضوية المتحللة، وغير ذلك . ولقد لوحظ أن مثل هذه المواد تكون غنية فى نشاطها الميكروبى ، حيـــث يكون النتروجين عاملاً محدداً للنمو ، ويتنافس عليه جميع الكائنات الحية الدقيقة . وفى هذه الحالة تلعب قدرة هيفات الفطر على اصطياد النيماتودا والتطفل عليها دوراً كبـــيراً فى تغذيته ؛ حيث تكون هذه النيماتودا مصدراً جيداً للنتروجين ، وخاصة عندما يتوفـــر للفطر كفايته من الكربوهيدرات .

وبناءً على ما سبق ، تعتبر قدرة الفطريات المتطفلة على النيمـــاتودا علـــى تحليـــل فرائسها إنزيميًّا ، وامتصاص محتوياتها كمصدر نتروجينى ، هـــى العـــامل المحـــدد للاستفادة من المصادر الكربونية الموجودة فى التربة كالسليلوز و / أو اللجنين ، خاصة فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematoctonus* .

وعلى الرغم من ذلك ، فإننا يجب ألا نغفل أن هناك عديداً من الفطريات الأخـــرى المتطفلة على النيماتودا الرمحية ، والتى تتطفل بدورها على فطريات التربـــة ؛ ومـــن المحتمل أن تكون العقد اللاصقة التى يكونها الفطر البـــازيدى *Hohenbuehelia* هـــى إحـــدى الوسائل الدفاعية التى يبديها الفطر لصد هجوم هذه النيماتودا المتغذيـــة علـــى هيفاته .

٥ – الحلقات غير المنقبضة Non-constricting rings:

تتكون هذه الحلقات على فروع جانبية ، تظهر عمودية على هيفات الفطر المقسمة في بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة . وتتكون الفروع الجانبية فى أول الأمر من نموات أسطوانية ، تنمو بعد ذلك منحنية حول نفسها فى مسار دائرى حتى تتلامس قمتها مع قاعدة الفرع . وتتحد خلية القمة مع الخلية القاعدية ؛ مكونة حلقة ذات ثلاث خلايا محمولة على ساق أسطوانية قصيرة .

ويظهر انتفاخ بسيط فوق منطقة اتصال خلية القمة بالخلية القاعدية مع الحامل القصير . وتعتبر هذه المنطقة ضعيفة ، وسرعان ما تتحلل عند استكمال نمو الحلقة .

وتعتبر الحلقات غير المنقبضة سلبية فى أدائها ؛ فهى تراكيب فطرية ثابتة يمكن للنيماتودا الحرة المتجولة أن تدخل بجسمها جزئيًا خلالها ، ثم تنسحب منها مرة أخرى دون أن تصاب بأذى ، بل تستطيع النيماتودا الصغيرة الحجم المرور بجسمها عبر الحلقة بسلام .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض النيماتودا تدخل بجسمها من خلال حلقة الفطر . فإذا رغبت الانسحاب منها بسرعة ، التفت الحلقة حول جسمها ؛ مما يصعب خروج النيماتودا من الحلقة . وقد تعمل الحركات العضلية الانفعالية للنيماتودا فى محاولاتها المستميتة للخروج من حلقة الفطر إلى زيادة صعوبة الموقف ، وإلى تثبيت إحكام الحلقا حول جسم الفريسة . وقد تؤدى محاولات النيماتودا للتخلص من الحلقة إلى انفصال الحلقة عن حاملها عند المنطقة الضعيفة التى سبقت الإشارة إليها .

وفى مثل الحالات السابقة ، تهرب النيماتودا حاملة حلقة الفطر حول جسمها ؛ حيث تبدو تحت المجهر مثل منْ يحمل حول جسمه طوقاً للنجاة ، ولكنه – فى الواقع – طوق للهلاك ، إلا أن النيماتودا الغافلة لا تدرك ذلك .

وتستمر النيماتودا فى حياتها الطبيعية لفترة ، حاملة حلقة الفطر حول جسمها . ولا يؤدى وجود هذه الحلقة إلى أية إعاقة لحركتها ، بل قد تحمل بعض النيماتودا عدة حلقات حول جسمها ؛ دليلاً على تعرضها لمثل هذه المواقف الصعبة السابقة ، مع نجاحها فى الهروب المؤقت .

وتعتبر حلقات الفطر أعضاء عدوى ، يظهر منها وتد هيفى دقيـــق يخـــترق جليـــد النيماتودا . وتهاجم هيفاتُ الفطر المتكونةُ الأحشاءَ الداخلية للنيماتودا ، وتحلل أنسجتها، وتتغذى عليها . كما تؤدى حركة النيماتودا – حاملة معها حلقات الفطر – إلى انتشـــار الفطر المتطفل إلى أماكن أخرى ، سعياً وراء ضحايا جددٍ من النيماتودا الحرة .

ومن الفطريـــات المكـــونـــة للحلقات غير المنقبضة الفطر *Dactylaria candida* و *D. lysipaga* ؛ حيث تكوّن هذه الفطريات – أيضا – عقداً لاصقة على هيفاتها. وقد تشاهد العقد اللاصقة متبادلة فى وجودها مع الحلقات غير المنقبضة على نفس هيفـــات الفطر ، مما يزيد من قدرته على اصطياد النيماتودا .

ويعتبر الفطر *Dactylaria candida* من أكثر الفطريات الشائعة فى تكويـــن مثـــل هذه الحلقات غير المنقبضة والعقد اللاصقة ؛ حيث يكوّن هذا الفطـــر – وغـــيره مـــن الفطريات الأخرى المكونة لمصائد مشابهةٍ – جراثيم كونيدية محمولة علـــى حوامـــل كونيديةٍ طويلةٍ . ويحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *Dactylaria candida* كونيديـــاتٍ ذات شكلٍ مغزلىٍ متجمعة فى شكلٍ عنقودىٍ على قمة الحامل (شكل ٨ – ٧ – f) .

وتنبت كونيديات هذا الفطر – عادةً – فى وجـــود النيماتودا ، مكونة عقدةً لاصقة فى قمتها ، أو فى قـــمـــة وقـــاعـــدة الكونيدة (شكل ٨ – ١١) ؛ كما هى الحـــال فى الفطـــر *Dactylella formosana* (Liou et al , 1995) . وقد تتكون هـــذه العقـــد اللاصقة على الكونيـــديات خـــلال وجـــودها على حوامـــلها ، كما هى الحـــال فـــى الفطـــر *D. haptospora* .

وتعمل هذه العقد اللاصقة – المتكونة على كونيديات الفطريات السابقة – على تعلقها بالنيماتـــودا الحرة المتجولة عندما يتلامس جسمها مـــع هـــذه الكونيديـــات . وتحمـــل النيماتودا هذه التراكيب الفطرية الممرضة ملتصقة بجليدها ، متحركة بها إلى منـــاطق أخرى جديدةٍ قبل أن تصاب بالفطر الممرض . ويعتبر ذلك إحدى الوسائل التى يعتمـــد عليها الفطر المتطفل فى الانتشار .

٦ – الحلقات المنقبضة Constricting rings :

تختلف الحلقات المنقبضة عن تلك غير المنقبضة فى آلية الاقتناص ؛ فعندما تدخـــل النيماتودا بجسمها داخل الحلقة المنقبضة الثلاثية الخلايا ، فإن هذه الخلايا تتمدد بسرعةٍ

عند جدرها الداخلية ؛ مما يقلل من المساحة الداخلية للحلقة ، فتنقبض الحلقة حول جسم الفريسة بسرعة ، وتقبض عليها بقوة .

وتوجد هذه الحلقات المنقبضة فى الفطريات الناقصة فقط ، شأنها فى ذلك شأن الحلقات غير المنقبضة . ومن أهم الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة – التى تتميز بوجود هذه الحلقات المنقبضة – الفطر *Arthrobotrys anchonia* ، والفطر *Dactylaria brochopaga* .

وتتكون الحلقات المنقبضة بنفس طريقة تكوين الحلقات غير المنقبضة ، إلا أن الحامل يكون أقصر طولا وأكثر قوة فى الحلقات المنقبضة . ويبلغ القطر الخارجى للحلقة المنقبضة حوالى ٣٠ ميكرونا ، بينما القطر الداخلى حوالى ٢٠ ميكرونا .

وعندما تدخل واحدة من النيماتودا الحرة المتجولة بجسمها إلى داخل الحلقة ، تنتبه خلايا الحلقة ، وتنتفخ الخلايا الثلاث المكونة لها بسرعة خاطفة وفى نفس الوقت ، قابضة على جسم الفريسة بصورة محكمة ؛ بحيث لا تعطيها أية فرصة للهرب .

وتنتفخ الخلايا المكونة للحلقة عند جدرها الداخلية المرنة ؛ حيث يقل القطر الداخلى للحلقة ، بينما يظل القطر الخارجى للحلقة دون أى تغير يذكر . ويحتاج الفطر إلى فترة قصيرة للغاية من وقت تنبهه بوجود الفريسة داخل الحلقة حتى انتفاخ الخلايا . وتبلغ هذه الفترة الزمنية حوالى ٠,١ ثانية ، تصل خلالها خلايا الحلقة إلى أقصى انتفاخ لها .

وفى بعض التجارب المعملية ، أمكن حث الحلقات المنقبضة على الانقباض دون وجود فرائس نيماتودية ؛ حيث شوهدت خلايا الحلقة الثلاث منتفخة ؛ بحيث تقابلت جدرها الداخلية فى مركز الحلقة ، تاركة فتحة ضئيلة بينها شكل (٨ – ١٣) .

وقد تتمزق الحلقة المنقبضة نتيجة قوة ضغطها على جسم الفريسة ؛ مما يؤدى إلى هروبها وهى تحمل خلايا الحلقة الممزقة حول جسمها . وقد تعتقد النيماتودا الهاربة أنها قد نجت من قبضة هذا الفطر المفترس ، إلا أنها – فى الحقيقة – مخطئة تماما فى ذلك ؛ حيث تحتفظ بعض خلايا الحلقة بحيويتها ، وتكون وتدا للعدوى يتكون من هيفا دقيقة تخترق جليد النيماتودا ، ثم تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا محللة أحشاءها الداخلية .

وتسلك النيماتودا فى حركتها بحثا عن الغذاء أسلوبا متميزا ؛ فهى تندفع بجسمها إلى الأمام مستعينة بعضلات جسمها ، دافعة منطقة الرأس المستدقة إلى الأمـــام . ويمكـــن للنيماتودا التوقف المفاجئ والرجوع إلى الخلف ، وهذا السلوك يظهر واضحـــا عندمـــا تقابل هذه النيماتودا حلقات الفطر المنقبضة خلال تجوالها .

وقد تندفع النيماتودا فى حركتها للأمام بحيث تمر بجسمها من خلال الحلقة ؛ حتـــى يصل قطر جسمها إلى مقاس أكبر من القطر الداخلى للحلقة ؛ فيحتك جليدها بالســـطح الداخلى لخلايا الحلقة ؛ فيتنبه الفطر لوجود الفريسة ؛ حيث تنقبض خلايا الحلقة بسرعة خاطفة قابضة على فريستها . وليس من الضرورى أن يكون قطر جســـم النيماتـــودا أكبر من القطر الداخلى للحلقة ، بل يكفى أن يتلامس الجدار الداخلى لإحـــدى خلايـــا الحلقة بجزء من جسم النيماتـــودا ؛ حتى تنتفخ جميع خلايا الحلقة على الفور ؛ وبذلـــك قد تشاهد مثل هذه الحلقات قابضة على أطراف جسم النيماتودا المستدقة عنـــد منطقـــة الرأس أو الذيل .

ولا يؤدى تلامس الجدر الخارجية للحلقة بواسطة جسم النيماتودا إلى إحداث تنبيـــه للفطر لإغلاق الحلقة . كما تلعب بعض الظروف الخارجية دورا مؤثـــرا فـــى الزمـــن اللازم لانتفاخ خلايا الحلقة . ففى بعض الحالات يستلزم الأمـــر مرور وقـــت طويـــل نسبيا على احتكاك جسم النيماتودا بالجدار الداخلى لخلايا الحلقة وانتفاخ الخلايـــا ، قـــد يصل إلى ثانية واحدة أو ثانيتين ، وربما يكون ذلك الوقت كافيا للسماح لبعض النيماتودا بالانسحاب من الحلقة الفطرية قبل انتفاخ الخلايا وإغلاق الحلقة . ويتوقف مدى نجـــاح الفطر المتطفل فى اصطياد فرائسه من النيماتودا على ســـرعة اســـتجابته ، وإغلاقـــه للمصيدة الفطرية قبل هروب الفريسة منها .

وعلى الرغم من الآلية المعقدة لانقباض حلقات الفطر الصـــائدة للنيمـــاتودا ، فـــإن الصدفة قد تلعب دورا كبيرا فى اصطياد الفرائس . ففى الوقت الذى تتواجد فيه عديـــد من الحلقات المنقبضة علي هيفات الفطر المتطفل ، وتوفر أعدادا كبيرة من النيمـــاتودا الحرة التى تتجول حول هيفات الفطر وما تحمله من حلقات ، فإن نسبة ما يتم اصطياده من الفرائس يعتبر قليلا نسبيا .

ويلعب حجم النيماتودا دورا رئيسيا فى اصطيادها خلال الحلقات المنقبضة ؛ فعلـــى سبيل المثال تنجح النيماتودا الصغيرة – عادة – فى المرور خلال فتحة الحلقـــة ، دون

أن تتلامس مع الجدار الداخلى للخلايا ؛ وبذلك تكتب لها النجاة مؤقتـــا ؛ حتـــى يشتـــد عودها ، وتصبح فى المستقبل فرائس جيدةٍ للفطر المتطفل .

أما النيماتودا الكبيرة الحجم ، فإنها تحتك – عادةً – بجسمها السميك بالجدر الداخلية لحلقة الفطر المنقبضة خلال مرورها ؛ فيتنبه الفطر ويقبض على فريســـته . ويتوقـــف مصير النيماتودا المتوسطة الحجم على مهارتها فى المـــــرور خـــلال الحلقـــة دون أن تتلامس جسمها مع الجدر الداخلية للخلايا ، فإذا لامست أحد الجدر الداخلية انقبضـــت الحلقة على جسمها فجأةً ، وتقع هذه النيماتـــودا ضحية قلة خبرتـــــها ، حيـــث يكـــون خطؤها الأول – فى هذه الحالة – هو الأخير .

٧ – آلية فعل الحلقة Ring mechanism :

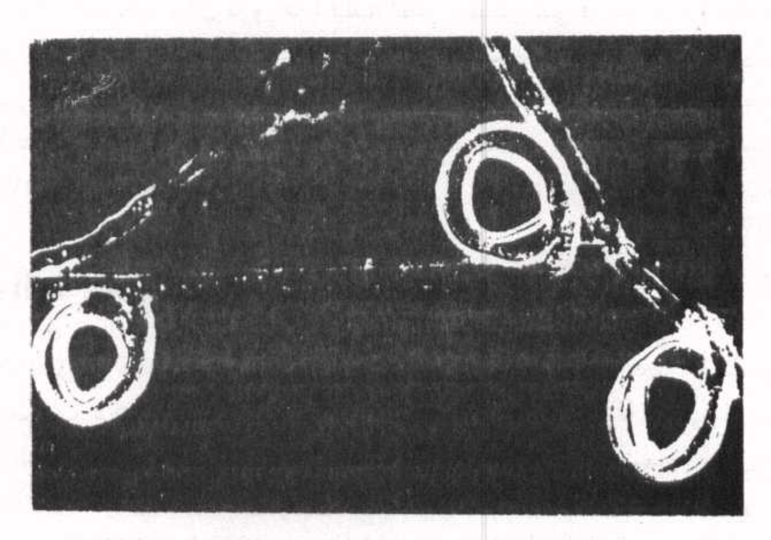
اهتم كثير من الباحثين بآلية إغلاق الحلقات المنضغطة التى تكونها مجموعة كبـــيرة من الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتـــودا الحرة المتجولة فـــى التربـــة وعلى المواد العضوية المتحللة . وقد استطاع بعض الباحثين تنبيه الحلقـــات الفطريـــة صناعيًا حتى تنقبض ، سواء عن طريق تعريضها للمعاملة بالماء الساخن عند حـــرارة تتراوح بين ٣٣ و ٧٥°م (Couch, 1937) ، أو باستعمال الهواء الساخن أو الأجســـام الساخنة مثل مشرطٍ ساخنٍ (Muller, 1958) .

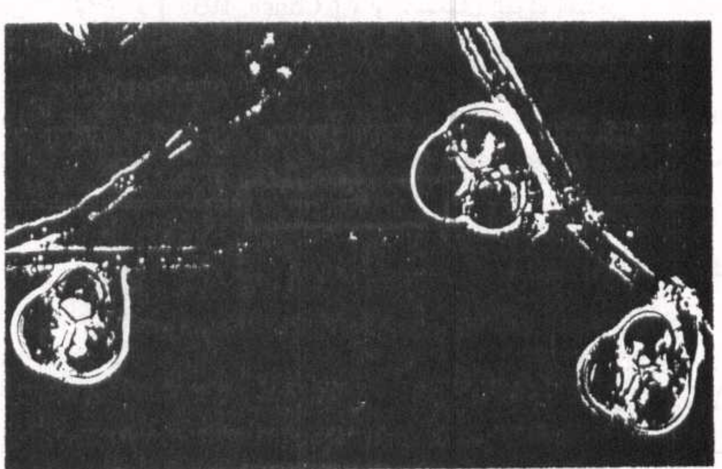
وفى دراسة أخرى استطاع الباحثان (Commandon & de Fonbrune (1939 إحداث تنبيه لإغلاق الحلقات المنضغطة للفطر *Dactylaria brochopaga* عن طريق الحث الميكانيكى للجدر الداخلية لخلايا الحلقة باستعمال إبرة زجاجية دقيقة .

ولقد اختبر بعض الباحثين تنبيه إغلاق الحلقات عن طريق الحث الكيميائى ، ولكـــن هذه المحاولات لم يكتب لها النجاح . إلا أن هذه الأبحاث أوضحت إمكانية التحكم فـــى سرعة انتفاخ خلايا الحلقة و إغلاقها ؛ حيث استطاع (Muller (1958 أن يجعـــل رد فعل إغلاق الحلقات المنقبضة أبطأ ١٠٠ مرة ؛ عن طريق غمر هيفات الفطر الحاملـــة للحلقات فى محلول سكرى ، ثم حث هذه الحلقات بالحرارة . وعند تخفيف المحلـــول السكرى بإضافة الماء ، انتفخت خلايا الحلقة تدريجيا ثم انقبضت .

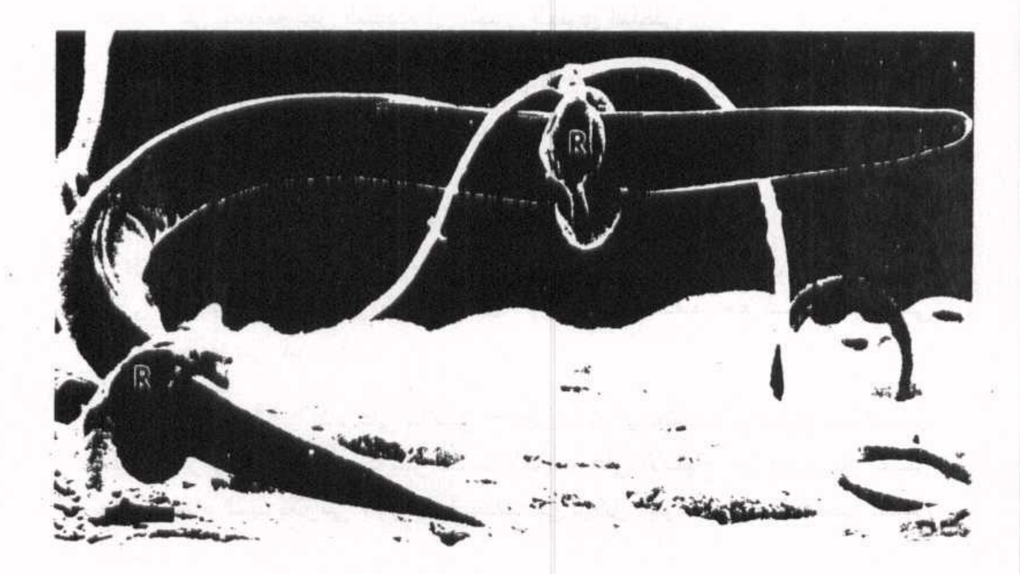
وعند الفحص الميكروسكوبى لخلايا الحلقة خلال الانقباض ، لوحظ وجود فقاعـــات عديدة داخل كل خلية ، ازدادت مع الوقت ، ثم تكونت فقاعة واحدة كبيرة الحجم عملت

على زيادة حجم الخلايا إلى ثلاثة أضعاف حجمها الأصلى وإغلاق الحلقة . وعند قياس الضغط الأسموزى لخلايا الحلقة ، اتضح أنه لم يتغير فى الخلايا المنتفخة عنـــه قبـل انتفاخها .





شكل (٨ – ١٣) : الحلقات المنقبضة constricting rings . الصـورة العليـا : حلقـات فـى حالتها العادية . الصورة السفلى : حلقات انتفخت خلاياها نتيجـة المعاملـة بالحـرارة .



شكل (٨ - ١٤) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) توضح نيماتودا تم اصطيادها بواسطة حلقة منقبضة (R) متكونة على هيفا فطر متطفل .

وقد تفسر ظاهرة انتفاخ الخلايا وانقباض الحلقة بسبب إعادة توزيع الماء والمواد الغروية فى خلايا الحلقة ، حيث وجد Couch (1937) أن الماء المضاف يتم تشربه فى خلايا الحلقة بسرعةٍ فائقةٍ ؛ فمثلاً يمكن لهذه الخلايا أن تمتص ١٨ ألف ميكروميتر من الماء خلال ٠,١ ثانية ؛ وقد يرجع ذلك إلى التغير فى نفاذية الغشاء السيتوبلازمى لخلايا الحلقة .

وتبعا للرأى السابق ، فإن حث الجدار الداخلى لخلايا الحلقة ، يتبعه نقص فورى لضغط الجدار الخلوى وزيادة سريعة فى نفاذية الغشاء السيتوبلازمى فى هذه المنطقة . ويعمل هذا التنبيه على زيادة المواد النشطة أسموزيًّا فى الخلية ؛ نتيجة التحليل المائى للجزيئات الكبيرة التى تساعد على استمرار تدفق الماء إلى داخل الخلية ؛ حيث يزداد الضغط الأسموزى إلى حوالى ٠,٦ مول .

وخلالِ مرحلة الانتفاخ السريعة ، يقل سمك الجدر الداخلية لخلايا الحلقة نتيجة تمددها ؛ ويعتقد أن ذلك يرجع إلى ارتخاء الألياف الدقيقة المكونة للجدار . ولقد أظهر

الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM أن هناك خطا واضحا يميز المنطقة المتمددة عن المنطقة غير المتمددة فى الجدار الخلوى الداخلى .

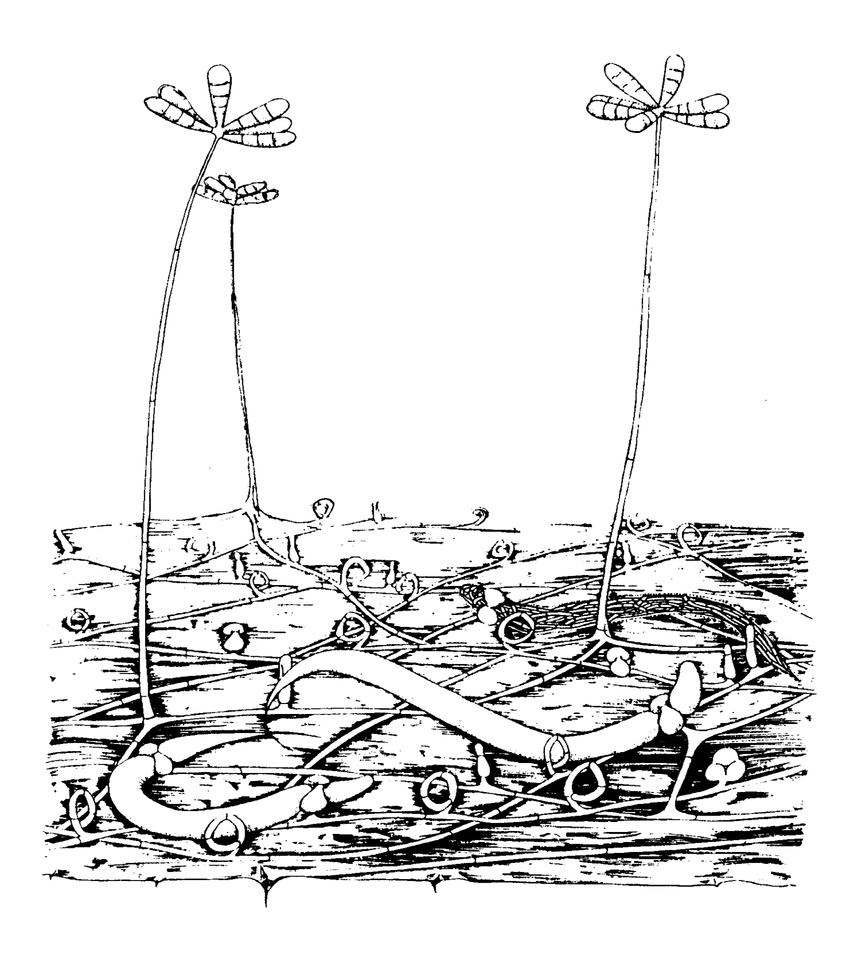
وهناك نظرية أخرى بديلة ؛ حيث يقترح (1958) Muller أن الضغط الاسموزى بطئ الفاعلية ؛ حيث إن الخلية لا تستطيع التمدد بالاعتماد على ضغطها الأسموزى ؛ الذى ينخفض من مستوى التعادل عند ٠,٦ مول سكروز إلى مستوى ٠,٢ مول بعد امتصاصها للماء . وتستعيد خلية الحلقة ضغطها الأسموزى الأولى بعد تمددها عن طريق التحلل المائى البطئ للمركبات المعقدة الموجودة بداخلها و/أو عن طريق النقل البطئ نسبيا للمواد الذائبة من خلايا الحامل . وهذا كله لا يتناسب مع السرعة الفائقة فى انغلاق الحلقة على الفريسة .

ويقترح Muller – بناء على ما سبق – نظرية أخرى تعتمد على فسيولوجية أقل تعقيدا وأسرع حدوثا ، تعتمد على حث الخلية على الانتفاخ عن طريق تغير نفاذية الغشاء السيتوبلازمى ، وزيادة استثنائية فى تركيز المواد المذابة فى نفس الوقت .

ولقد درس (1975) Rudek آلية فعل الحلقة المنقبضة فى الفطر *D. brochopage* ، واستعمل فى ذلك ماصة باستير Pasteur pipette ؛ وهى ماصة زجاجية دقيقة مجهزة بفقاعة مطاطية كبيرة ؛ حيث وضعت فوهة هذه الماصة على بعد ١ – ٢ سنتيمتر من النمو الفطرى الذى تحمل هيفاته هذه الحلقات .

وعند نفخ الهواء على حلقات الفطر ، كانت الاستجابة بطيئة ومحدودة؛ حيث انتفخت الخلية الوسطى فقط للحلقة بعد مرور حوالى ٥ ثوان على الحث . ولقد فسر Rudek ذلك على أساس وجود الحلقات فى وسط جاف، وأن الماء المتاح لزيادة حجم الخلايا لم يكن كافيا ، وأن مصدره فى هذه الحالة هو حامل الحلقة القصير المتصل بهيفا الفطر .

وعلى العكس من ذلك ، إذا ارتفعت رطوبة الوسط الذى توجد فيه حلقات الفطر ، فإنها تجد احتياجاتها الكافية منه ؛ حيث تتشرب الخلايا كميات هائلة تكفى للانتفاخ الكامل ؛ مما يغلق الحلقة المنقبضة إغلاقا كاملا ؛ سواء عن طريق تغير نفاذية الغشاء السيتوبلازمى (نظرية Muller, 1958) ، أو عن طريق التشرب (نظرية Couch, 1937) .



شكل (٨ – ١٥) : الحلقات المنقبضة construicting rings . رسم يوضح الفطر *Dactylaria* sp. يصطاد النيماتودا *Rhabditis* على سطح الآجار .

ومما سبق يتضح أن الماء المتاح حول هيفات الفطر – ومـا تحملـه مـن حلقـات منقبضة – هو العامل المحدد لكفاءة عمل الأنشوطة الفطرية . وحيـث ان النيمـاتودا تتحرك فى طبقة رقيقة من الماء ، فإن جسمها يكون – غالبا – رطبا . فـإذا تحركـت النيماتودا إلى داخل الحلقة الفطرية، فإن طبقة الماء التى تغطى جسمها مـن الخـارج سوف تتيح كمية كافية من الماء لخلايا الحلقة ؛ التى تمتصه بسرعة من خلال الجـدر الداخلية للحلقة ؛ مما يجعل خلاياها تتمدد بسرعة ، وتضغط على جسم النيماتودا بدرجة أسرع من حركة النيماتودا للرجوع إلى الخلف هاربة من المصيدة الفطرية القاتلة .

خامسا : الفطريات داخلية التطفل :

يطلق على هـذه المجموعة مـن الفطريـات The endoparasitic nematode destroying fungi أو المصطلح المختصـر " endozoic " . وهى على العكس مـن المجموعة السـابقة من الفطـريـات المتطفـلة خارجـيا ، والتى اتفق على تسـميتها بـ " مجموعة الفطريات المفترسـة predatory group " ؛ إذ إن الفطـريات ذات التطفل الداخـلى endoparasitic predacious fungi ليس لها نموات هيفيـة خـارج جسم عوائلها النيماتودية ؛ حيث يمكن اعتبارها – من الناحيـة البيئيـة – متطفـلات إجبارية .

وتنتج هذه الفطريات كونيديات تلتصق بجليد العـائل النيمـاتودى ، وتنبـت هـذه الكونيديات بتكوين أنبوب إنبات يخترق الجليد فى حالة الإصابة الخارجية ، أو جـدار القناة الهضمية فى حالة ابتلاع النيماتودا لهذه الكونيديات ؛ حيث يلى ذلك تكوين هيفات تغذية تنمو خلال أنسجة النيماتودا ، ثم تتكون – فى النهاية – حوامل كونيديـة خـارج جسم العائل ؛ حاملة كونيديات الفطر الممرض .

وبعض الأجناس الفطرية تشمل أنواعا متطفلة داخليا على النيماتودا ؛ مثال ذلـك : *Harposporium* ، و *Verticillium* ، و *Nematoctonus* ، و *Drechmeria* .

وعلى الرغم من أن الفطريات الداخلية التطفل على النيماتودا ليس لها أيـة نمـوات هيفية خارج جسم عوائلها ، إلا أنـه – فى بعض الحالات – يلاحظ تكويـن هيفـات مدادة prostrate hyphae محـدودة النمو ؛ تظهر من جسـم النيمـاتودا المصابـة ، وتتدلى على سطح الأجار (شكل ٨ – ٢٢) ، كما فـى الفطـر *Cephalosporium*

balanoides ، والفطر *Nematoctonus leiosporus* . ولا تقوم هذه الهيفات الفطرية بالتمثيل الغذائى ، ولا تحمل أية أعضاءٍ تتخصص فى اصطياد النيماتودا ، ولكنها قد تكون حوامل تحمل كونيديات الفطر .

وتوجد هذه الفطريات – ذات التطفل الداخلى – فى البيئة على صورة كونيديات ؛ حيث يمكن لهذه الكونيديات الاحتفاظ بحيويتها لفترةٍ طويلةٍ ، وتظل ساكنة حتى تصادف العائل النيماتودى المناسب .

وتكوّن هذه الفطريات أيضاً جراثيم سميكة الجدار ، يمكنها تحمل الظروف السيئة. وتعتبر هذه الجراثيم وحدات لقاح أولية ؛ تصيب النيماتودا الحرة عن طريق التصاقها بالسطح الخارجي للجليد ، أو بواسطة ابتلاع النيماتودا لها مع المادة العضوية وحبيبات التربة.

وفى حالاتٍ أخرى ، يمكن أن تكون وحدات اللقاح عبارةً عن جراثيم هدبيةٍ سابحةٍ zoospores ، كما فى حالة الفطريات الكيتريدية التابعة للجنس *Catenaria* والفطريات البيضية التابعة للجنس *Myzocytium* . وتنجذب هذه الجراثيم السابحة إلى النيماتودا الحرة ، وعندما تصل إلى جليد العائل تفقد أهدابها قبل عملية الاختراق .

وبالمقارنة بالفطريات الخارجية التطفل ، يلاحظ أن جراثيم الفطريات الداخلية التطفل تكون صغيرة الحجم قد تصل إلى ميكرونين ، أو قد تكون طويلة ونحيفة ؛ وبذلك فهى تحتوى على قليلٍ من المواد الغذائية ، لا تكفى إلا لإنباتها واختراقها جليد العائل إذا كانت الإصابة خارجية ، أو اختراق جدار المرئ اذا كانت الإصابة داخلية .

وتوجد الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة فى عديدٍ من طوائف الفطريات ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes ، والفطريات البيضية Oomycetes ، والزيجية Zygomycetes ، والناقصة Deuteromycetes ، والبازيدية Basidiomycetes .

١ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الكيتريدية :

يعتبر الفطر *Catenaria anguillulae* من أشهر الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا على النيماتودا ؛ حيث يكوّن هذا الفطر جراثيم هدبية سابحة، تسبح لفترةٍ ، ثم تفقد أهدابها عند وصولها إلى جليد العائل النيماتودى . وتكوّن هذه الجراثيم عضو

اختراق يخترق الجليد ، وتنمو هيفات الفطر محللة الأحشاء الداخلية للفريسة (شكل ٨ – ١٧) ، ويمثل هذا الفطر حوالى ٩٠٪ من إجمالى عينات النيماتودا المتحللة بفعل الفطريات الداخلية التطفل .

وتتميز الجراثيم الهدبية zoospores لهذا الفطر بأنها ذات سوطٍ واحدٍ خلفى ذى شكل كرباجى whiplash ، يبلغ طوله أكثر من ٣٠ ميكرونا . وتتكون هذه الجراثيم الهدبية داخل أكياس أسبورانجية داخل جسم العائل النيماتودى (شكل ٨ – ١٧) .

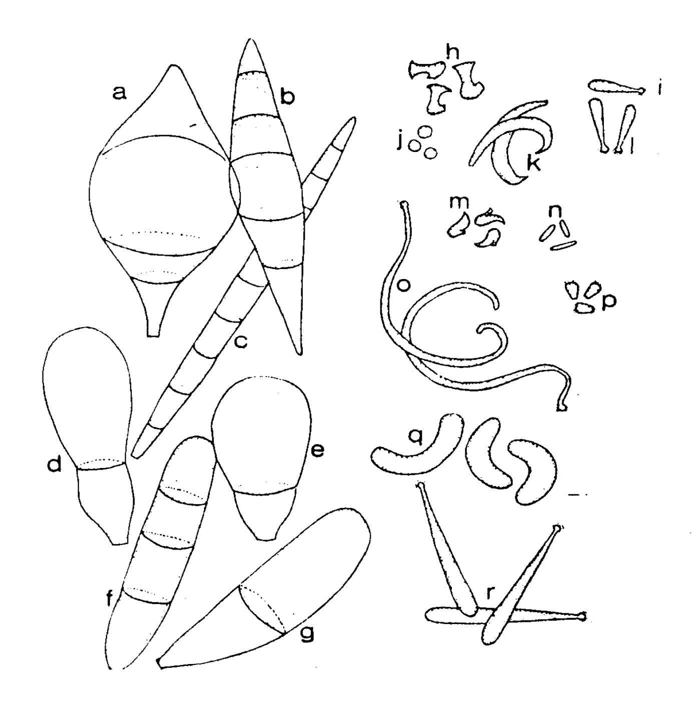
وتتحرر الجراثيم الهدبية عن طريق سباحتها خلال قمة أنبوبة التحرر الطرفية solitary exit tube ، والتى تكون – عادةً – قصيرةً وسميكة فى الظروف الرطبة . أما عند الجفاف النسبى فإنها تكون طويلة وملتوية . وتسبح الجراثيم الهدبية من خلال أنبوبة التحرر إلى الخارج عن طريق تحريك سوطها الخلفى الوحيد الذى يدفعها إلى الأمام .

وفى بعض الحالات التى تكون فيها أنبوبة التحرر (أنبوبة التفريغ evacuation tube) طويلة ومنحنية ، فإن الجراثيم الهدبية تزحف خارج الأنبوبة عن طريق الحركة الأميبية ، أو قد تزحف لفترةٍ ، ثم تنطلق سابحة باستعمال سوطها الخلفى إلى الخارج .

وبعد تحرر هذه الجراثيم الهدبية ، فإنها تسبح لفترةٍ حول مكان تحررها بقوةٍ ونشاطٍ ، فإذا اعترضها عائق ما ، فإنها تلجأ إلى الحركة الأميبية مبتعدة عما يعوق حركتها ، ثم تنطلق مرةً أخرى سابحة بسوطها الوحيد .

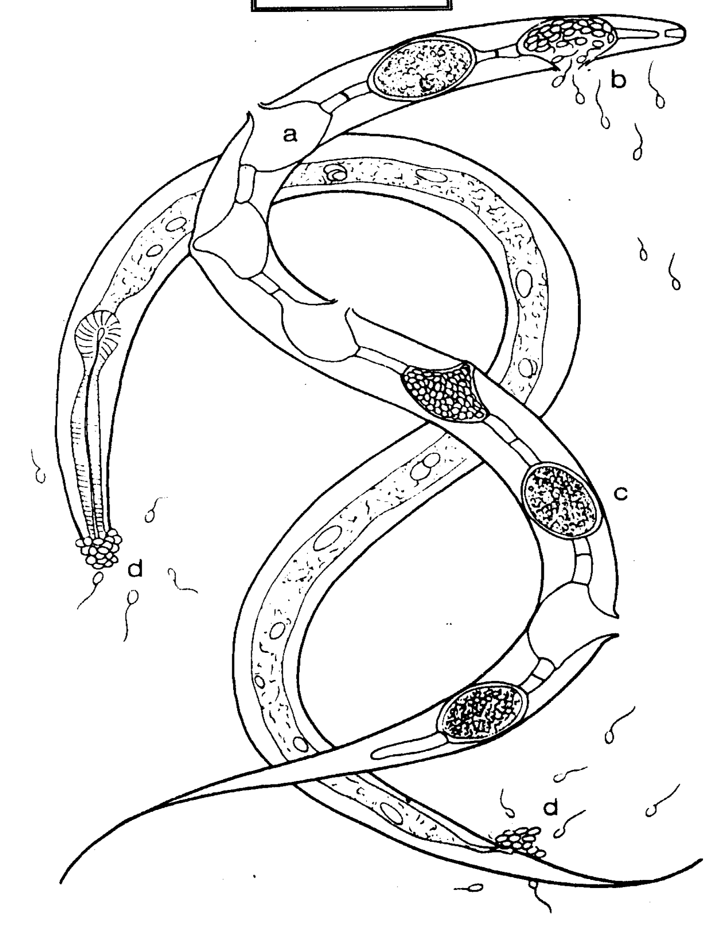
وتتحرك الجراثيم الهدبية السابحة للجنس *Catenaria* حركة موجهة ؛ فهى تسبح متتبعة النيماتودا ، وتقتفى أثرها سعياً وراء فرائسها ؛ حيث يدلها على ذلك الإفرازات التى تنساب من جسم النيماتودا خلال فتحات الجليد الطبيعية (Keeley, 1969) ، وهذه الإفرازات عبارة عن مواد كيميائيةٍ جاذبةٍ لهذه الجراثيم الهدبية .

وبمجرد أن تصل هذه الجراثيم الهدبية إلى سطح العائل النيماتودى ، فإنها تفقد أهدابها وتتحوصل بالقرب من فتحات العائل الطبيعية ؛ مثل : الفم ، والإخراج ، والفتحات التناسلية . وفى بعض الأحيان تهاجم هذه الجراثيم الهدبية السابحة جسم النيماتودا بأعدادٍ كبيرةٍ ، لدرجة اختفاء جسم الفريسة تحت جحافل جراثيم الفطر المتطفل .



شكل (٨ – ١٦) : جراثيم بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة .
a - g = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة خارجيًا .
h - p = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة داخليًا .
q = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة خارجيًا التابعة للجنس *Nematoctonus* .
r = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة داخليًا التابعة للجنس *Nematoctonus* .

وتنبت هذه الجراثيم بعد فترةٍ قصيرةٍ ؛ معطية أنبوب إنباتٍ ، يخترق الفتحات الطبيعية للنيماتود ، وقد يحدث اختراق مباشر لجليد الفريسة فى بعض الأحيان . وتنمو هيفات الفطر بطول جسم العائل ؛ محللة جميع الأحشاء الداخلية ، ومتغذية عليها .



شكل (٨ - ١٧) : الفطر المتطفل *Catenaria anguillulae*

a = كيس أسبورانجى هدبى zoosporangium خالٍ .

b = جراثيم هدبية تسبح متحررة من خلال أنبوب التحرر .

c = كيس أسبورانجى ساكن داخل جسم العائل النيماتودى .

d = جراثيم هدبية متحوصلة على فتحة الفم فى العائل النيماتودى .

وعند تمام نمو هذه الهيفات الفطرية الداخلية ، تظهر انتفاخات على مسافات متباعدةٍ على طول هيفات الفطر ؛ حيث تبدو كالعقد . وتنفصل هذه الوحدات المنتفخة عن الهيفات غير المقسمة بواسطة جدر عرضيةٍ ؛ حيث يزداد حجم هذه الانتفاخات ؛ وتتكون أكياس جرثومية zoosporangia ، تحتوى على عديدٍ من الجراثيم الهدبية .

ويمتلئ جسم العائل النيماتودى المصاب من الداخل بعديدٍ من هذه الأكياس الجرثومية ، هذا بالإضافة إلى وجود أكياس أسبورانجيةٍ ساكنةٍ resting sporangia ذات جدر سميكةٍ ؛ مما يجعلها تتحمل الظروف السيئة .

ويتميز الجنس *Catenaria* بأنه متعدد فى طبيعة تغذيته omnivorous food habits؛ حيث يترمم على المواد العضوية المتحللة فى التربة ، بالإضافة إلى تطفله على بيض النيماتودا . ويعمل هذا التنوع فى تغذية الفطر على إتاحة الفرصة له على النمو فى عديدٍ من البيئات الطبيعية ، سواء فى وجود النيماتودا أم فى غيابها .

وتعتبر الأنواع التابعة للجنس *Catenaria* وغيره من الفطريات ذات التطفل الداخلى المكونة للجراثيم الهدبية وحيدة الفترة السابحة monoplanetic zoospores ؛ وعلى ذلك فإن هذه الجراثيم الهدبية تسبح لفترةٍ باحثة عن عائلها النيماتودى المناسب خلال فترةٍ محدودةٍ ؛ فإذا فقدت أهدابها وتحوصلت ، لا يتكون من الجراثيم المتحوصلة أطوار متحركة أخرى .

وعلى ذلك فإن الجراثيم الهدبية التى تكونها مثل هذه الفطريات مجبرة على حسن تصرفها فى البحث عن العائل النيماتودى المناسب ؛ قبل أن ينضب مخزونها الضئيل من المادة الغذائية . وقد تعمل بعض ظروف البيئة على تسهيل المهمة الصعبة لهذه الجراثيم ؛ مثل وجود وسطٍ مائىٍّ أو - على الأقل - ذى لزوجةٍ قليلةٍ ؛ بحيث يسمح لهذه الجراثيم السابحة بالوصول إلى عائلها النيماتودى فى أقل وقتٍ .

٣ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البيضية :

عند دراسة الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا على النيماتودا - مثل الفطر *Catenaria anguillulae* - وجد أن الجراثيم الهدبية التى يكونها الفطر تسبح لفترةٍ قصيرةٍ باحثة عن عائلها النيماتودى ؛ فإذا فشلت هذه الجراثيم فى الوصول السريع إلى عائلها ، استهلكت طاقتها المحدودة وهلكت .

وتشاهد نفس هذه الآلية في بعض الفطريات البيضية الاولية ، مثال ذلك الفطر *Myzocytium lenticalare* ، والفطر *M. anomalum* . إلا أن بعض الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocytium* استطاعت أن تطور من نفسها وتجد حلا مناسبا لهذه المشكلة الحيوية (Barron & Percy, 1975) .

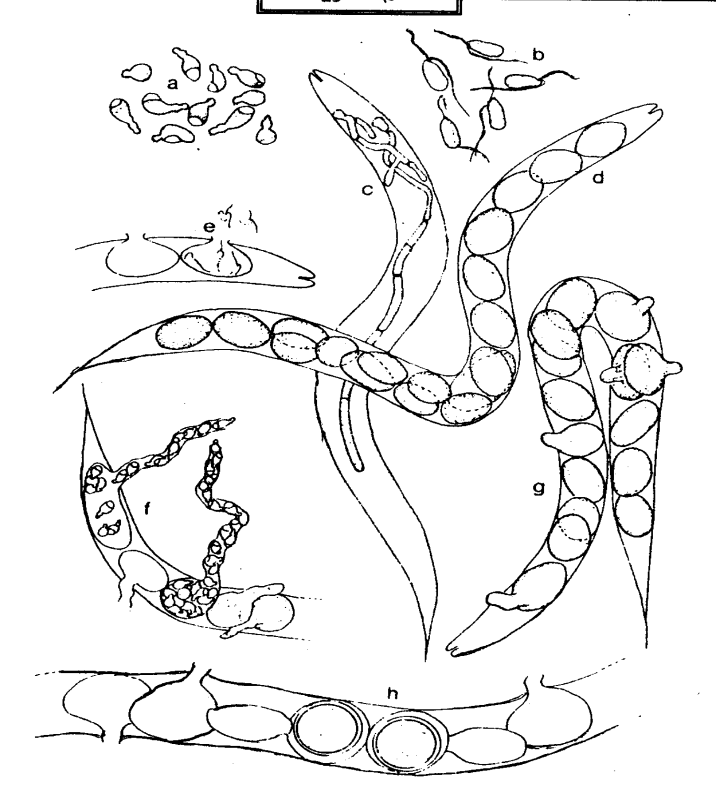
فلقد استطاعت الجراثيم الهدبية للفطر *M. humicola* أن تسلك سلوكا مغايرا لسلوك الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس ؛ حيث لا تنجذب هذه الجراثيم السابحة ناحية العوائل النيماتودية ، بل ولا تعير النيماتودا الحرة المتحركة حولها أدنى اهتمام . وحيث إن هذه الجراثيم ذات فترةٍ سباحةٍ قصيرةٍ ، تسبح خلالها لمسافةٍ قصيرةٍ ، فهي سرعان ما تفقد أهدابها ، وتسكن متحوصلة ، ثم تكون برعما طرفيًّا لاصقا (شكل ٨ - ١٨) .

وتوجد هذه الجراثيم المتحوصلة - ذات البراعم اللاصقة - في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة ، فإذا مر أحد أفراد النيماتودا الحرة العابرة على سبيل الصدفة ، ولامس هذه البراعم اللاصقة ، التصقت الجراثيم بجليد النيماتودا ، ثم سرعان ما تخترقه مكونة ثالوسا جسديًّا للعدوى infection thallus داخل أحشاء النيماتودا المصابة.

ويُنتج الثالوس الفطري المعدي - عند تمام تكوينه ونضجه - أكياسا تحتوي على الجراثيم الهدبية zoosporangia . وتتميز هذه الأكياس بشكلها الكروي إلى تحت الكروي (شكل ٨ - ١٨ - f ، g) ، ويتحرر منها عديد من الجراثيم الهدبية التي تسبح خارجةً من خلال أنبوب تحرر قصير .

وتنتشر في التربة عديد من الجراثيم الهدبية المتحوصلة ، التي تكوّن براعم طرفيّة لاصقة . وقد تتكون هذه التراكيب الفطرية اللاصقة فوق مستوى سطح التربة خاصة عند ارتفاع رطوبتها ؛ حتى تتاح لها فرصة أفضل لمصادفة أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة ؛ فتلتصق بسطحه وتصيبه .

وتلعب ميكروبات التربة دورا كبيرا في تثبيط نمو بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، بل وقد تعمل - في كثير من الأحيان - على تحليلها وموتها . ويعتبر تكوين الجراثيم لخلايا برعميةٍ لاصقةٍ ترتفع بعض الميكرونات عن سطح التربة من العوامل الحاسمة التي تجعل اللقاح الفطري بعيدا عن متناول هذه الميكروبات ؛ محتفظا بقدرته على إصابة النيماتودا الحرة .



شكل (١٨ - ٨) : الفطر *Myzocytium humicola*

a = جراثيم هدبية متحوصلة تنتج براعم لاصقة adhesive buds .

b = جراثيم هدبية مزدوجة الأسواط .

c = ثالوس عدوى حديث داخل العائل النيماتودى .

d,g = عائل نيماتودى مصاب ، تمتلئ أحشاؤه الداخلية بعديد من الأسبورانجيات .

f = جراثيم لاصقة متكونة من جراثيم هدبية بعد تحوصلها داخل الكيس الأسبورانجى .

h = الطور الجنسى للفطر ؛ حيث تظهر أعضاء التأنيث oogonia وبداخلها الجراثيم البيضية oospores .

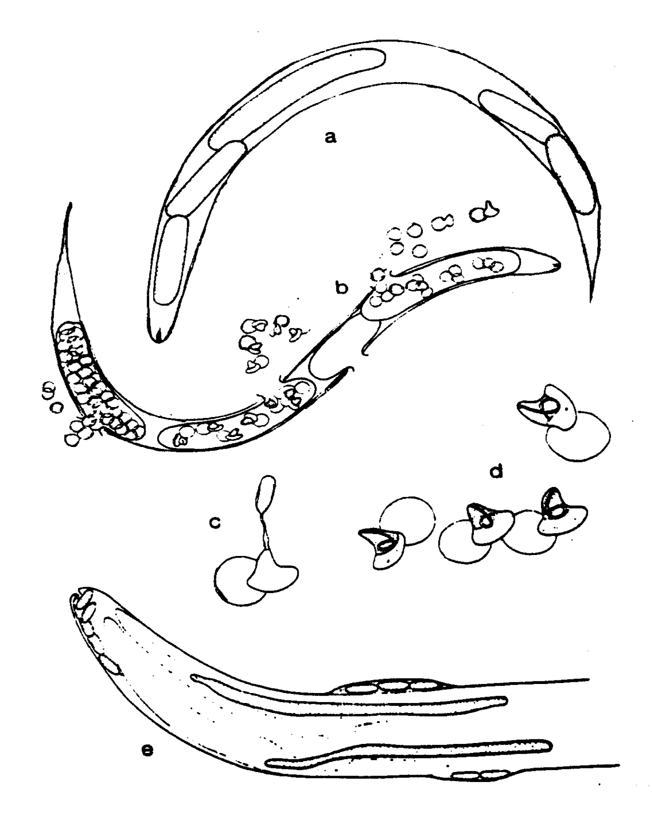
ومن الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocytium* ، الفطر *M. humicola* الـــذى يتميز بتكوينه طوراً جنسيًا تام التكوين . ففى هـــذا الفطـــر ، تتــــكون جاميـــطات مـــذكـــرة antheridia وأخـــرى مؤنـــثة oogonia على هيفاته غير المقسمة . ويتـــم الإخصـــاب عندما ينتقـــل بروتوبلاســـت الجاميـــطة المذكـــرة إلـــى بروتوبلاســـت الجاميـــطة المؤنثـــة من خلال ثقب فى الجـــدار المشـــترك . وينتـــج عـــن هـــذا التكاثر الجنسى تكوين جراثيم بيضية ساكنة ذات جدار سميكٍ ، تتحرر إلى البيئة التـــى ينمو فيها الفطر عن طريق تحلل جسم العائل النيماتودى وتفتت جدار الجاميطة المؤنثة (شكل ٨ – ١٨ – h) .

وتتكون جاميطات الفطر المذكرة والمؤنثة على نفس هيفا الفطر ؛ حيث إن الفطـــر متشابه الميسليوم homothallic . وتعمل الجراثيـــم البيضيـــة التـــى يكونـــها الجنـــس *Myzocytium* على حفظ النوع خلال الظروف السيئة ، بالإضافـــة إلـــى أن التكـــاثر الجنسى يعمل على إنتاج أفرادٍ جديدةٍ ذات صفاتٍ أكثر قدرةً على التآلف مع ظـــروف البيئة ؛ نتيجة إعادة التوالف الجينى genetic recombination .

ولما كانت إعادة التوالف الجينى تؤدى إلى إنتاج أنواع جديدةٍ مـــن الفطريـــات ذات صفاتٍ تتلاءم مع ظروف البيئة ، فإنه من المحتمل أن تكون الأنواع التابعـــة للجنـــس *Myzocytium* – والتى تنتج جراثيم هدبية سابحة تهلك إذا لم تصادف العائل النيماتودى المناسب خلال فترةٍ محددةٍ – قد نتج عن تكاثرها الجنسى أنواع أخـــرى أكـــثر رقيًـــا وتطوراً ، تكوّن جراثيم هدبية تسبح لفترةٍ ثم تسكن ، وبعد ذلك تكون براعـــم لاصقـــة تتعلق بجسم النيماتودا الحرة .

بل ومن المثير للدهشة ، أن بعض الأنواع المتطورة التابعة للجنـــس *Myzocytium* – مثل الفطر *M. subuliforme* – لا تكون جراثيم هدبية سابحة على وجه الإطلاق ، بل تكوّن جراثيم لاصقة داخل أكياسها الأسبورانجية . وعند نضج هذه الجراثيـــم يتـــم قذفها بقوةٍ من خلال أنبوب التحرر المتصل بالكيس الأسبورانجى .

ولقد وصل تطور هذه الفطريات – ذات التطفل الداخلى على النيماتودا – إلى درجةٍ بالغة التعقيد ، وذلك لكى تتوافق مع طبيعة حياتها الصعبة . ففى الوقت الذى عانت منه بعض هذه الفطريات الأحادية الفترة السابحة لجراثيمها الهدبية ، اســـتطاعت فطريـــات أخرى إنتاج جراثيم هدبية ثنائية الفترة السابحة ؛ كما هى الحال فى الأنـــواع الفطريـــة التابعة للجنس *Haptoglossa* ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *H. zoospora*.



شكل (٨ - ١٩) : الفطر *Haptoglossa heterospora* .

a - ثالوس فطرى مُعدٍ داخل جسم العائل النيماتودى .

b - ثالوس فطرى مُعدٍ ناضج ، تتحرر منه جراثيم الفطر من خلال أنبوب التحرر .

c - جراثيم عديمة الأسواط glossoid spores ، يظهر بها الأنبوب الملتف المؤدى إلى الثقب الفمى .

e - نيماتودا مصابة بثالوثين ناميين داخل جسمها ، ويظهر بين جليد العائل وطبقة الهيبودرمس عدد من وحدات العدوى infection units .

وفى بعض الفطريات التابعة للجنس *Haptoglossa* – مثل الفطر *H. zoospora* ، والفطر *H. heterospora* – تتكون جراثيم هدبية داخل أكياس أسبورانجية ، وعند نضج هذه الجراثيم يقذفها الفطر بقوةٍ تجاه أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة بالقرب منه ، ولا يستغرق ذلك إلا جزءًا من الثانية (Davidson & Barron, 1973) ، وتعتبر هذه الآلية البارعة فى عدوى النيماتودا من مميزات هذه الفطريات المتطورة ، والتى يمكن مقارنتها بالآلية الحذقة التى تتميز بها بعض الفطريات الخارجية التطفل ، وهى قدرتها على اصطياد النيماتودا الحرة عن طريق الحلقات المنقبضة .

وينتشر الفطر *H. heterospora* فى مناطق عديدةٍ من العالم ، متنوعا فى طريقة تغذيته ؛ فهو تارة متطفل على بعض أنواع النيماتودا ، وتارةً أخرى مترمم على أوراق الأشجار المتحللة . وعند نمو هذا الفطر على عوائله النيماتودية ، فإنه يكوّن هيفات فطرية يتكوّن على كلٍّ منها عديدٍ من الحليمات القصيرة . وينتج من هذه الحليمات جراثيم كروية غير متحركةٍ ، تخرج من خلال أنبوب تحرر . وتنبت هذه الجراثيم بتكوين جرثومةٍ أخرى غير متحركةٍ ذات شكلٍ يشبه الوسادة المثلثة . وتتمدد إحدى زوايا الجرثومة بحيث تصبح أكبر من الزاويتين الأخيرتين ، وينحنى هذا التمدد ويأخذ شكل اللسان tongue - like glossoid (شكل ٨ – ١٩ – d) .

٣ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الزيجية:

من أهم الفطريات التابعة لهذه الطائفة الفطر *Meristacrum asterospermum* ؛ الذى يتميز بتكوين كونيدياتٍ لاصقةٍ تتعلق بجليد النيماتودا . وتنبت هذه الكونيديات بإعطاء هيفا اختراق penetration hypha ، تتميز بدقتها . وتنمو هيفات الاختراق من خلال جليد العائل ؛ حيث تكون ثالوس الفطر المُعدى infection thallus .

وينمو الثالوس الفطرى طوليًا داخل أحشاء النيماتودا المصابة ، ثم ينفصل هذا الثالوس عند نضجه إلى عديدٍ من القطع الهيفية الصغيرة ذات الأطراف المستديرة . ويتم إنبات حوالى نصف هذه القطع الهيفية ؛ منتجة حوامل كونيدية conidiophores ، بينما ينتج النصف الآخر جراثيم ساكنة سميكة الجدار . وترتفع الحوامل الكونيدية إلى حوالى ٥٠٠ ميكرون ، وتكوّن قمة سميكة ملتفة .

ويُحمل الكونيديات فى تتابع قاعدىّ من الجزء الملتف على الحامل الكونيدى ؛ حيث تستهلك كل المادة السيتوبلازمية فى تكوين الجراثيم . ويحمل كل حاملٍ أكثر من ٥٠ كونيدةً ، فإذا ما تحررت هذه الكونيديات انهار الحامل وتحلل .

وتقذف جراثيم بعض الفطريات الزيجية المتطفلة بقوةٍ ؛ مثال ذلك الفطر *M. asterospermum* . وتتكون جراثيم هذا الفطر على طرفٍ ملتفٍ فى نهاية الحامل ؛ حيث يعمل ذلك على قذف الجراثيم فى اتجاهاتٍ مختلفةٍ ، ولكن على مسافة لا تزيد على ٣ ملليمترات بعيداً عن الحامل الكونيدى .

وكونيديات هذا الفطر ذات شكلٍ بيضىّ مقلوبٍ ، ويمكنها التعلق بجسم النيماتودا التى تمر ملامسة لها ملتصقة بجليدها . ولا تهلك الكونيديات التى لا تتعلق بعوائلها النيماتودية ، بل تبدأ فى الإنبات، وينتج عن إنباتها كونيدة أخرى جديدة محمولة على ساقٍ عموديةٍ أسطوانية . وعندما تسقط هذه الكونيدة الثانوية على سطح البيئة فإنها تسلك نفس السلوك السابق، حتى تصادف أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة وتصيبها.

وقد تسلك بعض كونيديات الفطر نفس السلوك السابق ؛ وذلك خلال التصاقها بجليد النيماتودا دون أن تخترق جليدها ؛ حيث تستمر فى إنتاج الكونيديات الثانوية كمصدر عدوى لأية نيماتودا أخرى عابرة . ويظهر هذا السلوك الغريب للكونيديات ، وخاصة على جليد النيماتودا المصابة التى فى طريقها إلى الموت ؛ حيث لا تجد هذه الكونيديات العائل النيماتودى المحتضر مناسباً لإصابته .

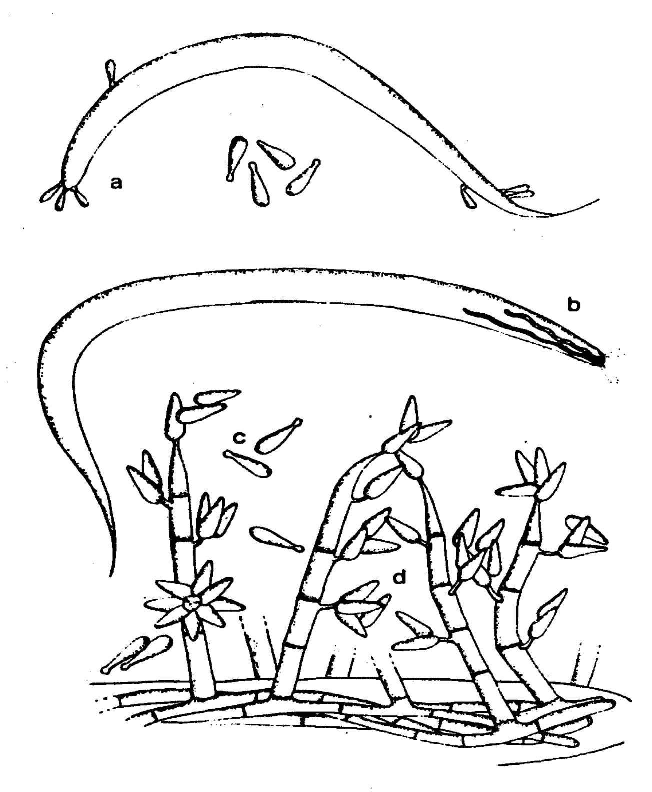
ويؤدى تكوين الكونيديات الثانوية باستمرار إلى تجديد اللقاح الفطرى الممرض ، لعله يجد عوائل نيماتودية مناسبة أو ظروفاً بيئية أكثر ملاءمة لإحداث العدوى . وكم شوهدت نيماتودا مصابة بعديدٍ من هذه الكونيديات الثانوية فى أماكن بعيدةٍ عن مصدر اللقاح الأولى .

٤– الفطريات الداخلية التطفل التابعة للفطريات الناقصة :

أ – الجراثيم اللاصقة Adhesive Spores :

طورت عديد من الفطريات الناقصة نفسها لتكوين جراثيم لاصقةٍ adhesive spores ، تعمل كلقاح أولىّ لإصابة عوائلها من النيماتودا . ولعل أفضل الأمثلة --

لمعروف عنها إنتاج مثل هذه الجراثيم - الأجناس : *Verticillium* ، *Cephalosporium* ، و *Meria* .



شكل (٨ - ٢٠) : الفطر *Meria coniospora* .

a = كونيديات لاصقة متعلقة بجليد العائل النيماتودى .

b = هيفا العدوى داخل جسم العائل النيماتودى .

c = كونيديات ناضجة يتكون عليها برعم لاصق .

d = حوامل كونيدية وكونيديات تخرج من خلال جليد العائل بعد تمزقه .

ففى الفطر *Meria coniospora* تأخذ الجراثيم شكل قطرة الماء عند سقوطها tear-drop shaped . وعند نضج هذه الجراثيم يتكون لها برعم لاصـــق adhesive bud ؛ وذلك عند الطرف البعيد (شكل ٨ – ٢٠) . ولا تلتصق هذه الجراثيــم – بســرعةٍ – بعوائلها النيماتودية ، وكثيراً ما تشاهد النيماتودا تتغذى على مثل هذه الجراثيــم دون أن تصاب بأذى .

وعند وضع نيماتودا سليمـــة فى طبق بتــرى يحتوى على نيماتودا ميتةٍ – نتيجـــة إصابتها بالفطر *Meria* – فإن جراثيم الفطـــر تغـــطى جليد النيماتودا السليمة خـــلال بضـــع دقـــائـــق ، وخـــاصة عـــند الفتحات الطبيعية للجسم ؛ مثل : الفـــم ، وفتحـــة الشرج (شكل ٨ – ٢٠ – a) .

كما ينتج عن اندفاع النيماتودا للأمام – خلال حركتها المستمرة للبحث عن غذائها – تلامس منطقة الرأس مع كونيديات الفطر التى تنتشر فى التربـــة والمـــواد العضويـــة المتحللة ، وهذا يفسر تعلق الجراثيم بمنطقة الرأس واختراقها للجليد فى هذه المنطقـــة ، وخاصة منطقة الفم buccal region التى تتحلل أنسجتها ؛ مما يؤدى إلى عـــدم قـــدرة النيماتودا المصابة على الاستمرار فى التغذية .

وبمجرد أن تخترق هيفا العدوى – الناتجة من هذه الكونيديات – جليد النيمـــاتودا ، يصعب على النيماتودا أن تبرأ من العدوى . وفى التجارب المعملية – التـــى أجريـــت لدراســـة آلية العدوى – شوهدت مئات من الكونيديات تـــهاجم فـــرداً واحـــداً مـــن النيماتودا ، ومع ذلك فإن نجاح كونيدةٍ واحدةٍ فى اختراق جليد العائل يكفـــى لإحـــداث العدوى ، وموت النيماتودا الحتمى .

وتنبت كونيدة الفطر الممرض الملتصقة بجليـــد العائـــل النيمات‍ـــودى مختـــرقة الجليد مباشرة ؛ مكونة هيفا عدوى infection hypha داخـــل أحـــشاء جـــسم النيماتودا (شكل ٨ – ٢٠ – b) . وقد تبقى النيماتودا المصابة على قيد الحياة لفـــترةٍ ، علـــى الرغم من إصابتها بالفطر الممرض . ومن الممكن مشاهدة النموات الهيفيـــة بوضـــوح داخل جسم الفريسة ، بينما هى مازالت تتحرك ساعية للبحث عن غذائها ، ربمـــا دون أن تفطن إلى أنها نفسها أصبحت غذاءً للفطر المفترس .

وتتميز هيفات العدوى الحديثة بأنها ذات نموٍ متموج ؛ حيث تنمو هيفـــات الفطـــر الممرض ويتزايد عددها على حساب محتويات جسم النيماتودا المصابة ؛ مما يؤدى إلى ضعف النيماتودا ثم احتضارها .

وفى خلال أيام قليلةٍ ، يمتلئ جسم النيماتودا المصابة بـــهيفات الفطـــر المتطفـــل . وتخرج بعض هيـــفات الفطـــر خارج جسم النيماتـــودا عن طريق تحليل الجليـــد فـــى عدة مواضع . وتتحول هـــذه الهيـــفات إلى حوامل كونيـــــديةٍ تحمـــل كونيـــــدياتٍ عديـــدةً (شكل ٨ – ٢٠ – d) ؛ وبذلك يتكون الطور اللاجنسى للفطر الممرض .

وتتجمع كونيديات الفطر الممرض (*Meria coniospora*) فى عناقيد أو سلاســـل قصيرةٍ ، تُحمل على قمة الخلية المولدة للكونيديات ذات الشكل الأنبوبى .

ب – الجراثيم المحللة Ingested spores :

تأقلمت كونيديات الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة على آليـــة معينـــةٍ للالتصاق بجليد عوائلها ؛ كنوع من التطور مع مـــرور الوقـــت ، إلا أنـــها احتفظـــت بمميزاتٍ مشتركةٍ مع الفطريات الأخرى المترممة ، وكذلك مع أبنـــاء عمومتـــها مـــن الفطريات المتطفلة على النبات من الجنس *Verticillium* .

ولقد تطورت كونيديات هذه الفطريات – أيضاً – من حيث كيفية مهاجمة عوائلـــها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللـــة ، وأظـــهرت تنوعاً هائلاً فى شكل كونيدياتها التى تكونها . وتأخذ بعض هذه الكونيديات شكلاً هلاليًا، أو حلزونيًا ، بل وفى كثير من الحالات تأخذ هذه الكونيديات أشكالاً غريبة يصعب على المتخصصين وصفها وصفاً يصلح لأن يكون مرجعاً لغيرهم .

وتلعب هذه الأشكال الغريبة لكونيديات الفطريات المتطفلة داخليًا علـــى النيمـــاتودا الحرة دوراً كبيراً فى تحقيق الغرض الأساسى من تكوينها ، وهو الالتصاق بفتحة الفـــم والتجويف الفمى ومرئ النيماتودا .

ويعتبر الفطر *Harposporium anguillulae* من أكثر الفطريات المتطفلة داخليًـــا على النيماتودا شيوعاً ؛ حيث يكون جراثيم محللة ingested spores (شكل ٨ – ٢١) تعمل على تحليل أنسجة الأحشاء الداخلية للعائل النيماتودى والتغذية عليها .

وتميل جراثيم هذا الفطر المتطفل إلى أن تأخذ الشكل الهلالى ، وهـــى ذات طـــرفٍ واحدٍ مستدقٍ (شكل ٨ – ٢١ – c) . ولا يتماثل طرفا الجرثومـــة فـــى مســـتواهما الفـــراغى ، وقد تأخـــذ الجرثومة شـــكلاً حلـــزونيًا ؛ ســـواء فـــى هـــذا النـــوع ، أم الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس. وينحنى الطرف الحاد للجرثومة ناحيـــة محورهـــا المركزى .

ويقوم هذا التركيب المتميز لجرثومة الفطر *H. anguillulae* بدور فعال فى تعلق الجرثومة بمرئ العائل النيماتودى ؛ فعندما تبتلع النيماتودا جراثيم هذا الفطر – التى تنتشر فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة – فإن الطرف الحاد للجرثومة يخترق المنطقة التى بين ألياف عضلات المرئ ، وتستقر الجرثومة فى هذه المنطقة التى تعتبر مكان العدوى الأولية (شكل ٨ – ٢١ – a) .

وعادة ما تشاهد عديد من الجراثيم متعلقة فى عضلات مرئ النيماتودا السيئة الحظ، التى ابتلعت هذه الجراثيم خلال تغذيتها ، دون أن تفطن إلى خطورتها المميتة . وتكفى جرثومة واحدة لإحداث العدوى وهلاك العائل النيماتودى .

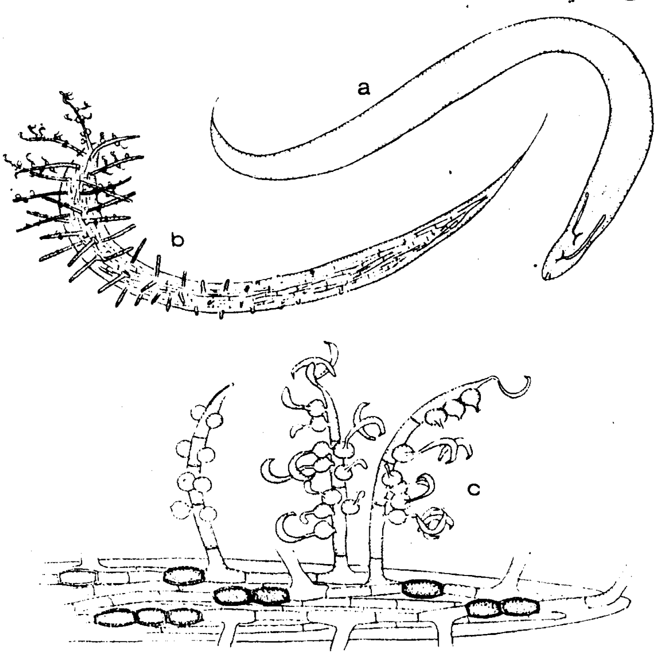
ويتم إنبات هذه الجراثيم عن طريق ظهور أنبوب إنبات يظهر من مركز الجانب المحدب للجرثومة (شكل ٨ – ٢١ – a)؛ حيث يخترق أنبوب الإنبات عضلة المرئ. وتنمو هيفات العدوى infection hyphae داخل عضلات المرئ؛ مما يؤدى إلى تمزقها، ثم تنمو هذه الهيفات داخل فراغ جسم العائل النيماتودى ؛ محللة أحشاءه الداخلية.

وتتلازم المراحل المبكرة من العدوى مع تحلل النسيج العضلى للمرئ فى عديدٍ من المواقع ، ثم تنتقل العدوى من موقع حدوثها إلى أماكن أخرى بعد ذلك ؛ حيث تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا المصابة ؛ كما هى الحال فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Meria* .

ويؤدى نمو هيفات الفطر داخل جسم العائل النيماتودى إلى تحليل أحشائه الداخلية. وبعد فترةٍ تظهر حوامل الفطر الكونيدية من خلال تحلل جليد النيماتودا الميتة فى عديدٍ من المواقع . ففى الفطر *Harposporium* ، تتكون حوامل كونيدية قصيرة غير متفرعةٍ ، تحمل خلايا مولدةً للكونيديات conidiogenous cells ذات شكلٍ كرويّ إلى شبه كرويّ يطلق عليها اسم " قارورات phialides " كل منها ذات قمةٍ أنبوبيةٍ (شكل ٨ – ٢١ – c) ، تخرج منها كونيديات متتابعة ، تتجمع فى عناقيد على قمة القارورة .

وفى المراحل المتقدمة من الإصابة ، تشاهد بعض خلايا هيفات الفطر المتطفل ذات جدر مغلظةٍ وداكنة اللون داخل جسم النيماتودا الميتة . وتعمل هذه الخلايا كجراثيم ساكنة ، ويطلق عليها اسم " الجراثيم الكلاميدية chlamydospores " (شكل ٨ – ٢١ – c) .

وتتحرر هذه الجراثيم الكلاميدية عن طريق تمزق جليد العائل النيماتودى فى بعض المواضع وتحلله ؛ حيث تنبت فى الظروف المواتية مكونة كونيديات . وتقاوم هذه الجراثيم الكلاميدية الظروف غير الملائمة ؛ مثل : فترة الشتاء البارد وفترات الجفاف الطويلة والحرارة العالية خلال فصل الصيف .



شكل (٨ – ٢١) : الفطر *Harposporium anguillulae* .

a – كونيديا نابتة فى مرئ عائل نيماتودى .

b – مرحلة متأخرة من العدوى ؛ حيث تظهر الحوامل الكونيدية خارجة من جليد العائل النيماتودى بعد تمزقه فى عديدٍ من المواقع .

c – الخلايا المولدة للكونيديات ذات الشكل الكروى ، منتجة كونيديات تأخذ أشكالاً هلالية crescent-shaped conidia ، وتظهر أيضاً الجراثيم الكلاميدية chlamydospores ذات الجدر السميكة الداكنة اللون ؛ متكونة داخل العائل النيماتودى.

ولقد اعتقد بعض الباحثين أن الطرف المدبب للكونيدة يستخدم فى تثبيتها على جليد العائل النيماتودى ؛ حيث تعمل حركة عضلات النيماتودا على توجيه هذا الطرف المدبب ناحية الجليد . ومن أمثلة هذه الفطريات التى تلتصق جراثيمها بجليد عوائلها النيماتودية : الفطر *H. helicoides* والفطر *H. oxycoracum* .

وتتكون على أطراف كونيديات الفطريات السابقة قطيرات لزجة ، قد تعمل على التصاق هذه الكونيديات بجليد العائل النيماتودى ؛ حيث تنبت هذه الكونيديات مكونة عضو اختراق ، يخترق جليد النيماتودا . وتهاجم هيفات الفطر المعدية الأحشاء الداخلية . وعلى ذلك تعتبر الأنواع التابعة للجنس *Harposporium* من الفطريات المتطفلة التى تهاجم النيماتودا عن طريق الاختراق خلال الجليد الخارجى .

إلا أنه يلاحظ – عند ابتلاع النيماتودا لكونيديات الفطر *H. anguillulae* – أن هذه الكونيديات تستقر فى النسيج العضلى للمرئ ؛ وذلك عند محاولتها ابتلاع الكونيديات مع المواد العضوية الموجودة فى التربة بغرض التغذية . وعند فحص تلك النيماتودا بعد ذلك ، لم تشاهد العدوى إلا فى منطقة المرئ التى تعلقت بها كونيديات الفطر الممرض .

وفى حالة النيماتودا الرمحية المتطفلة على النبات – مثل الجنس *Xiphinema* – تتحور أجزاء فمها إلى رمح يُستخدم فى اختراق خلايا العائل النباتى وامتصاص العصارة الخلوية . ولا يوجد لهذه النيماتودا فتحة فمية ؛ وبالتالى فهى لا تستطيع ابتلاع جراثيم الفطر *Harposporium* ولا تصاب به .

وتعتبر الحالة السابقة من الحالات الخاصة ، والتى ترجع إلى طبيعة تغذية النيماتودا . أما فى أنواع النيماتودا المتغذية على ميكروبات التربة ، فهى تبتلع جراثيم الفطريات ومنها الفطريات الممرضة لها ؛ مثل الفطر *Harposporium bysmatosporum* . ولقد وصف هذا الفطر لأول مرة الباحث الألمانى Drechsler (1946) ؛ حيث سجل الشكل غير المألوف لكونيدياتها ، والتى تشبه عظمة لوح كتف الإنسان human upper-arm bone .

وتحدث العدوى بالفطر السابق ؛ وذلك عندما تستقر كونيدياته ذات الشكل الغريب فى التجويف الفمى للعائل النيماتودى وتنبت داخله . ويستقر – عادةً – داخل تجويف فم

العائل عديد من كونيديات الفطريات الممرضة ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطر *H. diceraeum* ، والفطر *H. rhynchosporum* .

وفى بعض الحالات ، تتكون على بعض الكونيديات – التى تكونها هذه الفطريات – فقاعة واضحة عند قاعدتها ؛ كما هى الحال فى الفطر *H. helicoides* . وقد يلعب هذا التركيب دورا فى لصق كونيديات الفطر الممرض بعائلها النيماتودى . وتتميز جراثيم هذا الفطر بالشكل الحلزونى ؛ حيث تبتلعها النيماتودا خلال تغذيتها على ميكروبات التربة .

ولا تنمو الفطريات الناقصة التى تتطفل داخليًا على النيماتودا ، والتى تتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes بصورةٍ طبيعيةٍ خارج عوائلها ؛ مكونة هيفاتٍ فطرية ، ولكن أمكن – تحت ظروف المعمل – التقاط أحد أفراد النيماتودا المصابة بفطر من هذه الفطريات الهيفية ووضعت على سطح بيئة اجار مستخلص المولت المضاف إليه المضاد الحيوى أوريوميسين aureomycin . وبعد فترةٍ من التحضين ، نمت هيفات الفطر بصورةٍ جيدةٍ خارج جسم النيماتودا الميتة ، وتكونت مزرعة نقية من الفطر المتطفل على بيئة الاجار .

٥– الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البازيدية :

يعتبر الفطر *Nematoctonus* أحد الفطريات الناقصة التى تكوّن هيفاتٍ تحمل روابط كلابية clamp connections ؛ مما يدل على أن هذا الفطر عبارة عن طور ناقصٍ لفطر بازيدىّ .

ويكوّن هذا الفطر عقدا لاصقة adhesive knobs على هيفاته الخارجية ، وذلك فى الأنواع ذات التطفل الخارجى ، فى حين أن الأنواع المتطفلة داخليًا لاتكون أية هيفاتٍ خارجيةٍ ولا أعضاء خاصةٍ لاقتناص النيماتودا الحرة المتجولة حولها . وفى مثل هذه الفطريات ذات التطفل الداخلى ، يتم اصطياد النيماتودا الحرة عن طريق الجراثيم اللاصقة adhesive spores .

ومن أكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا داخليًا التابعة للجنس *Nematoctonus* الفطر *N. leiosporus* (شكل ٨ – ٢٢) ؛ حيث وجد فى حوالى ٣٤٪ من عينات التربة المأخوذة من الأراضى الزراعية . وتوجد هيفات هذا الفطر مبعثرة فوق

سطح التربة وعلى المواد العضوية ؛ حيث تحمل هيفات الفطر جراثيم فردية على نتوءات قصيرة (شكل ٨ - ٢٢ - b) .

وتتميز جراثيم الفطر بشكلها الذى يشبه شكل السيجار cigar-shaped ، وهى ذات طرف مستدق . ولا تلتصق هذه الجراثيم بسطح النيماتودا الحرة - عادة - بل تظل متصلة بالهيفا المولدة لها ، وعندما تنضج تسقط على سطح البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر . ويتم إنبات هذه الجراثيم عن طريق تكوين امتداد عمودى قصير ، يبلغ طوله حوالى ١٠ - ١٥ ميكرونا ، يحمل عقدة لاصقة على طرفه (شكل ٨ - ٢٢ - c) .

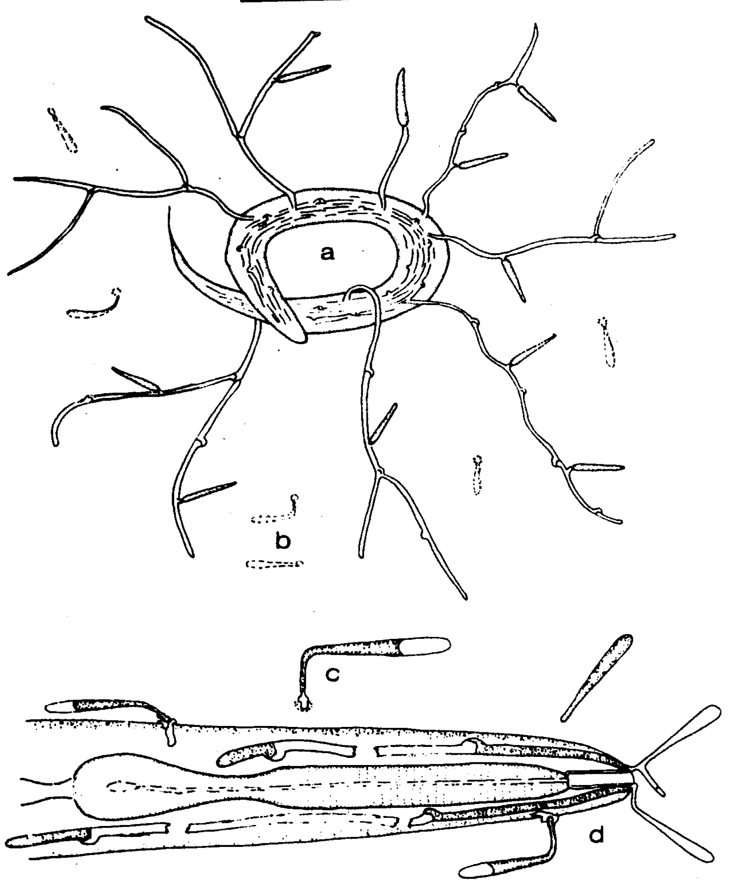
وتلتصق الجراثيم على جليد العائل النيماتودى ، ثم تخترقه بعد فترة قصيرة شأنها فى ذلك شأن الفطريات الداخلية التطفل . وعادة ما تكوّن هذه الجراثيم تفرعا لاصقا إضافيًا أو تفرعين لاصقين ، يظهران من الامتداد العمودى القصير للجرثومة . وقد تنتج مثل هذه التراكيب اللاصقة الإضافية فى بعض الحالات ؛ مثل عدم تمكن العقدة اللاصقة من اتخاذ الوضع المناسب لاصطياد النيماتودا الحرة التى تمر بجوارها .

وبمجرد أن يتم اختراق جليد العائل النيماتودى ، تنمو هيفات الفطر المعدية داخل أحشاء النيماتودا المصابة ، مخترقة أنسجتها على طول جسم الفريسة . وتحمل هذه الهيفات الفطرية الروابط الكلابية على طول هيفات العدوى .

وقد تتحمل بعض النيماتودا المصابة العدوى بالفطر الممرض ، وتستمر فى حياتها اليومية من حركةٍ وتغذيةٍ لفترةٍ قصيرةٍ ، على الرغم من نمو هيفات العدوى داخل جسمها ، دون أن تدرى أى مصير ينتظرها .

وفى بعض الأحيان ، تموت هيفات العدوى داخل جسم النيماتودا المصابة بفعل آليةٍ دفاعيةٍ خاصةٍ تقوم بها أنسجة النيماتودا الداخلية لوقف غزو هيفات الفطر الممرض. وقد تعتمد هذه الآلية على قتل هيفات الفطر؛ حيث شوهدت فى كثير من الحالات هيفات فطرية خالية من البروتوبلازم داخل جسم بعض النيماتودا الحية. ولكن ليس من المعروف - على وجه التحديد - كيفية موت هذه الهيفات الفطرية المعدية داخل جسم النيماتودا .

ويشمل الجنس *Nematoctonus* أنواعا أخرى من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ، بالإضافة إلى الأنواع الداخلية التطفل ، وهذا يجعل تقسيمنا لهذه الفطريات على أساس نوع التطفل محل شكٍ .



شكل (٨ – ٢٢) : الفطر *Nematoctonus leiosporus* .

a – عائل نيماتودى مصاب بهيفا تحمل روابط كلابية ، تظهر من العائل المتحلل، وتنمو على سطح البيئة .

b,c – كونيديات نابتة تنتج نموًا متعامداً ذا طرفٍ يحتوى على عقدةٍ لاصقةٍ .

d – عائل مصاب بكونيديات ملتصقةٍ بجليد العائل ، بينما تظهر هيفا العدوى متجزئةً إلى قطع هيفيةٍ داخل جسم العائل .

فعلى سبيل المثال ، هناك بعض الفطريات النموذجية ذات التطفل الخارجي ؛ مثل الفطر *Arthrobotrys oligospora* ، الذى تنبت جراثيمه فى البيئة التى ينمو عليها الفطر مكونة هيفاتٍ فطرية تحمل مصائد لاقتناص النيماتودا الحرة المتجولة حولها . بينما تتكون هذه المصائد الفطرية على كونيديات بعض الفطريات ؛ مثل الأنواع الخارجية التطفل التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ حيث تتكون عقد لاصقة على الكونيديا مباشرة ؛ وبذلك يكون اللقاح الاولى فى هذه الحالة هى الكونيدة اللاصقة التى تُحْدث العدوى الأولية مشابهة فى ذلك عديدا من الفطريات الداخلية التطفل .

ويمكن اعتبار أنواع الفطريات ذات التطفل الداخلى التابعة للجنس *Nematoctonus* أنواعا متطفلة خارجيًا ، إلا أنها فقدت قدرتها على إنتاج العقد اللاصقة على هيفاتها ، ثم طورت قدرتها على تكوين هذه العقد ؛ بحيث تكونت مباشرة على كونيدياتها دون انتظار لتكوين هيفات الفطر كما هو شائع فى الأنواع الأخرى ذات التطفل الخارجى .

وتتشابه جراثيم الأنواع الفطرية ذات التطفل الداخلى والخارجى التابعة للجنس *Nematoctonus* فى الحجم ، وتقترب صفات جراثيم هذه الفطريات من تلك الأنواع الداخلية التطفل ، وتختلف كثيرا عن صفات جراثيم الفطريات الخارجية التطفل .

وعلاوة على ما سبق ، فالأنواع الفطرية التابعة لهذا الجنس ليست ذات كفاءةٍ عاليةٍ على الترمم ، بعكس الحال فى الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes . وتتميز جراثيم الجنس *Nematoctonus* بأنها دقيقة الحجم ؛ بحيث تحمل كمية قليلة من المادة الغذائية داخلها ، لا تسمح لها بالإنبات وتكوين هيفات تحمل مصائد لقنص النيماتودا الحرة التى تتجول حولها ؛ كما هى الحال فى الفطريات الأخرى الخارجية التطفل ؛ مثل الفطر *Arthrobotrys anchonia* .

سادساً : الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا Egg parasites:

هناك قليل من الفطريات المعروفة التى تتخصص فى التطفل على بيض النيماتودا وحوصلاتها . ومن أكثر هذه الفطريات المعروفة الفطر *Rhopalomyces elegans*

الذى ينتشر فى معظم أنحاء العالم (Ellis, 1963) . ولقد تم تسجيل هذا الفطر لأول مرةٍ فى تربة أحد الصوب الزراعية على بقايا النباتات المتعفنة . ووجد هذا الفطر – أيضاً – على روث عديدٍ من الحيوانات المتحلل فى التربة ، كما أمكن عزل هذا الفطر بصورةٍ نقيةٍ فى المعمل .

ويعتبر الفطر *R. elegans* من الفطريات اللافتة للنظر ، بحوامله الكونيدية الطويلة الباسقة ، ذات الأطراف الدقيقة ، والنهايات المنتفخة الكبيرة (شكل ٨ – ٢٤ – b) . ويغطى سطح الانتفاخ (المثانة) كونيديات كبيرة الحجم بنية اللون ، ذات شكل إهليجى . وتتصل قاعدة الحامل الكونيدى بالبيئة التى ينمو عليها عن طريق حزمة من أشباه الجذور rhizoids تتفرع إلى فريعاتٍ دقيقة داخل البيئة الغذائية .

ويتعرض هذا الفطر – بدوره – للإصابة بفطرياتٍ أخرى ممرضةٍ ؛ مثل الفطر *Verticillium psalliotae* ، ويطلق على هذه العلاقة " mycoparasitism " . ويعتبر الفطر *R. elegans* عائلاً متبادلاً لبعض الفطريات الأخرى الممرضة للنبات ؛ حيث يصاب بالفطر *Verticillium alboatrum* الذى يسبب عفناً للتقاوى والبادرات . وفى الوقت الذى يقع فيه هذا الفطر فريسة لغيره من الفطريات الأخرى الممرضة له ، يتطفل هو على بيض النيماتودا ؛ وهذا ما يطلق عليه التوازن الحيوى بين أحياء التربة .

وفى دراساتٍ علميةٍ متعددةٍ ، أمكن الحصول على بيض نيماتودا مصاب بالفطر *R. elegans* ؛ وذلك عن طريق وضع أنثى نيماتودا مخصبةٍ بالقرب من نمو هيفات الفطر الممرض عمرها ثلاثة أيام على سطح بيئة الاجار المائى ، فإذا وضعت أنثى النيماتودا بيضها بالقرب من هيفا الفطر ، تفرع منها فرع يتجه ناحية البيضة ليصيبها . وفى بعض الأحيان تهاجم عديدٌ من هيفات العدوى البيضة الواحدة فى نفس الوقت (شكل ٨ – ٢٣) .

وعندما تتلامس إحدى هيفات العدوى مع سطح بيضة النيماتودا ، ينتفخ طرف الهيفا مكوناً ما يشبه عضو الالتصاق appressorium ، وينشأ عن هذا التركيب أنبوب عدوى دقيق infection tube يخترق غلاف البيضة . وبعد هذا الاختراق ، تنتفخ هيفا العدوى مباشرةً مكونة انتفاخاً ما بعد الاختراق post-penetration bulb يشابه فى شكله وحجمه عضو الالتصاق .

وتلى مرحلة العدوى زيادة سريعة فى نمو الهيفات الماصـــة absorption hyphae للفطر الممرض . وتنمو هذه الهيفات بطريقة غير منتظمة ، بحيث تملأ فراغ البيضـــة الداخلى ، وتستهلك جميع المواد الغذائية المتاحة .



شكل (٨ – ٢٣) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM توضح طريقـــة اخـــتراق هيفات العدوى للفطر *Paecilomyces lilacinus* لبيضـــة نيمـــاتودا تعقـــد الجذور *Meloidogyne incognita* .

ولقد لوحظ أن عضو الالتصاق المنتفخ ، وانتفاخ ما بعد الاخـــتراق – فـــى جميـــع البيض الذى تم فحصه – من الصفات المميزة لـــهذه الفطريـــات الممرضـــة لبيـــض النيماتـــودا ؛ حيث إنه عادة ما يكون هناك تماثل عند نقطـــة الاخـــتراق بيـــن هذيـــن التركيبين ، وربما يرجع ذلك إلى الضغط الناتج عن اختراق وتد العدوى penetration peg الذى يضغط على غلاف البيضة خلال دخوله .

ويتميز الفطر *Rhopalomyces elegans* بأنه يكوّن جراثيم كبيرة الحجم ، فى حين أن هيفاته نحيفة جدًا لا يتعدى قطرها ميـــكرونين. وتعـــمل هذه الهيفات المتجمعة على تكويـــن نـــظام قاتـــل بالنسبة إلى بيض النيماتودا الواقـــع فـــى نطـــاق نمـــو الفطـــر الممرض .

وليس من المعروف – على وجه التحديد – العوامل التى تتحكم فى تكوين هيفـــات العدوى وتحديد اتجاه نموها ناحية بيض النيماتودا ، ثم تكوين أعضاء الالتصاق علـــى

سطح غلاف البيضة . وفى الوقت نفسه لم يتم بعد التعرف على المواد الكيماوية المفرزة من بيض النيماتودا ، والتى تنتشر فى البيئة من حولها مؤثرة على نمو هيفات الفطر الممرض القريبة منها .

وهناك عديد من النظريات العلمية التى تناقش العوامل المؤثرة على نمو هيفات الفطريات الممرضة فى التربة واتجاهها ناحية بيض النيماتودا . وتفترض احدى هذه النظريات أن النشاط الميكروبى فى المواد العضوية المتحللة حديثا تشجع إنبات جراثيم الفطر الممرض *R. elegans* وإنتاج شبكة من الهيفات الفطرية تسبق تكاثر النيماتودا ووضعها للبيض ، والذى يتبعه التحلل البكتيرى للمادة العضوية .

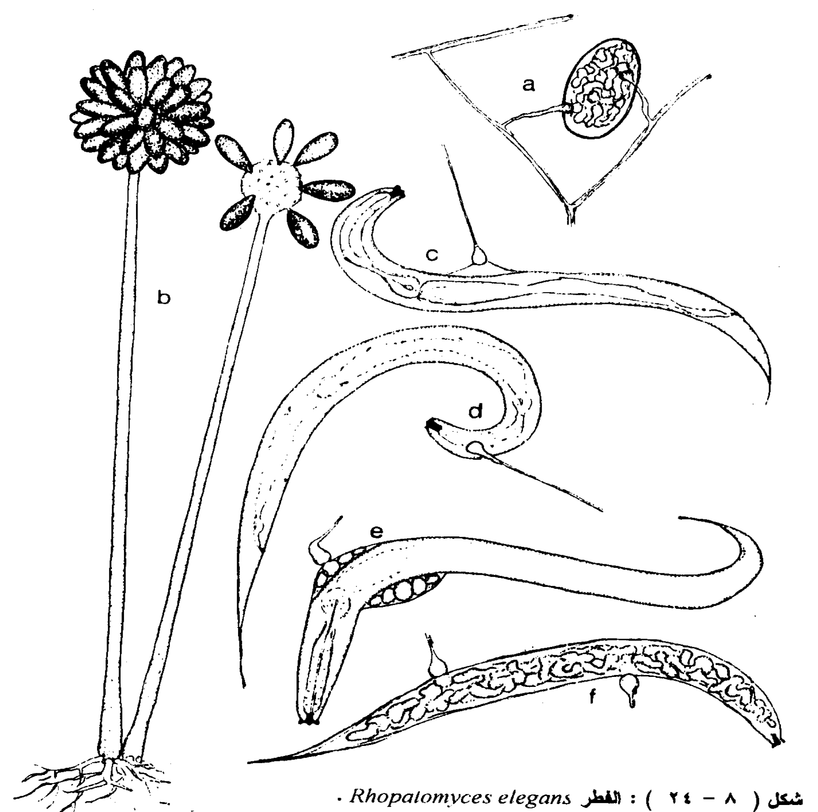
وفى نفس الدراسة السابقة ، وجد أن بعض سلالات بكتيريا *Bacillus cereus* – والتى تنتشر بوفرةٍ فى المادة العضوية المتحللة – تفرز مواد ذائبة فى الماء تعمل على حث جراثيم الفطر *R. elegans* على الإنبات تحت الظروف القلوية . وتعتبر بكتيريا *B. cereus* وغيرها من البكتيريا ، من الأغذية المفضلة للنيماتودا الحرة فى التربة والمواد العضوية المتحللة .

وتحت هذه الظروف من النشاط الميكروبى الكثيف فى المواد العضوية المتحللة ، فإنه ليس مثيراً للدهشة أن يهاجم بيض النيماتودا عديدٌ من الميكروبات المتطفلة . ويبدو من نتائج دراساتٍ أخرى عديدة أن هذا البيض يهاجم بأنواع من الفطريات التى تكون جراثيم هدبية بصفة خاصة ؛ مثال ذلك تلك التابعة لطائفة الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes ، وطائفة الفطريات البيضية Oomycetes .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه من المحتمل أن يتعرض بيض النيماتودا لظروفٍ بيئيةٍ غير مناسبةٍ تُفقِد هذا البيض حيويته ، ثم تهاجمه بعض الفطريات بعد ذلك . وفى هذه الحالة تكون هذه الفطريات مترممة على البيض الميت وليست متطفلة .

ولقد وجد – أيضاً – أن الفطر *R. elegans* يهاجم النيماتودا البالغة فى أطوارها اليرقية (شكل ٨ – ٢٤) . ومن المحتمل أن هناك أنواعاً أخرى من الجنس *Rhopalomyces* تتطفل على النيماتودا وأيضاً على بيضها . ولقد وجد أيضاً أن الأنواع التابعة لهذا الجنس تترمم على روث الحيوانات وعلى المواد العضوية

المتحللة . ولم يشاهد – حتى الان – الطور الكامل (الجنسى) لهذا الفطر ؛ لذلك فهو يصنف ضمن الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes .



شكل (٨ – ٢٤) : الفطر *Rhopalomyces elegans* .

a **– بيضة نيماتودا تحتوى على هيفات الفطر المتطفل .**

b **– حامل كونيـــدى يظهر عموديًا على البيئة التى ينمو عليها ، ومتصـــلاً من قاعدته بأشباه جذور . ويحمل الحامل كونيديات داكنة اللون على انتفاخ قمىّ .**

c-f **– نيماتودا مصابة بالفطر الممرض ، تنمو داخلها هيفات الفطر .**

وهناك عديد من الفطريات الأخرى المتطفلة على بيض النيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Dactylella oviparasitica* الذى يتطفل على بيض النيماتودا من الجنس *Meloidogyne* ، والفطر *Nemotophthora gynophila* المتطفل على إناث النيماتودا من الجنس *Heterodera* وعلى حوصلاتها ، والفطر *Verticillium chlamydosporium* المتطفل على النيماتودا من الجنس *Heterodera* والجنس *Meloidogyne* ، وأخيرا الفطر *Paecilomyces lilacinus* الذى يتطفل على بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* (شكل ٨ - ٢٣) .

سابعاً - طرق دراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

وصف عديد من الباحثين طرقا مختلفة لدراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ مثل : Duddington (1955) و Wyborn et al, (1969) و Barron (1977) و Gray (1988) و Dackman et al., (1992) .

ومن الطرق المستخدمة فى مثل هذه الدراسات طريقة نثر التربة على سطح الاجار The sprinkle plate method . ويتم ذلك عن طريق نثر كميةٍ قليلةٍ من التربة تتراوح بين نصف جرام وجرام واحدٍ على سطح بيئةٍ فقيرةٍ فى محتوياتها الغذائية ؛ مصبوبة فى أطباق بترى معقمةٍ . ويستخدم لذلك - عادةً - اجار دقيق الذرة المخفف أو الاجار المائى ؛ حيث تحضن الأطباق لعدة أسابيع على درجة حرارة الغرفة .

وتظهر النيماتودا زاحفة على سطح الاجار ، متغذية على مستعمرات البكتيريا ؛ حيث يزداد عدد أفراد هذه العشيرة النيماتودية مع الوقت . وتنمو على سطح الاجار هيفات عديدٍ من الفطريات ، بعضها متطفل على النيماتودا الحرة المتجولة .

ويعمل وجود النيماتودا على تشجيع نمو هيفات الفطريات المتطفلة عليها ، وعلى تكوين تراكيب المصائد الفطرية القانصة للنيماتودا . وتنجذب النيماتودا إلى مثل هذه التركيبات الفطرية ؛ حيث تصاب وتصبح فريسة لهذه الفطريات القاتلة . ويكوّن الفطر هيفاته وحوامله الكونيدية حول ضحيته التى تم اصطيادها.

وهناك عدة طرق - بعضها كمى quantitative ، والاخر نصف كمى semi-quantitative - لتقدير الانتشار النسبى لوحدات الفطريات المتطفلة على النيماتودا

الحرة المتجولة فى التربة . وعلى سبيل المثال ، استعمل Eren & Pramer (1965) طريقة تخفيف التربة soil dilution technique ، وفيها يتم عمل معلــق مــن التربــة يضاف إلى بيئة الآجار المائى بعد تخفيفه إلى عدة تخفيفات متتالية ، وبعد ثلاثة أيام من التحضين ، تضاف النيماتودا إلى النموات الفطرية على سطح الاجار .

وتحضن الأطباق البترى – المحتوية على كل من النيماتودا والفطريات النامية على سطح الآجار – لمدة حوالى ثلاثة أسابيع ، وتسجل النتائج ، ويتم تحليلــها إحصائيــا ، لتقدير العدد الأكثر احتمالا most probable number (MPN) . وعلى الرغــم مــن ذلك ، فعند إضافة عدد معلوم من كونيديات الفطر *Arthrobotrys conoides* ، فإن ما يتم عده على سطح بيئة الاجار لا يتعدى ١٥٪ من العدد الأصلى ، وربما يرجع ذلــك إلى تفوق عدد كونيديات الفطر على النيماتودا العائل .

ولقد استعمل Dackman et al (1987) أيضا طريقة تخفيف التربة التى تعتمد على تقدير العدد الأكثر احتمالا MPN . ولقد أعطت هذه الطريقة تقديرا أعلــى مــن عــدد الوحدات الفطرية ، يفوق العــدد المتحصل عليه من طريقة نثر التربــة فــوق ســطح الآجار .

ويتفاوت عدد الوحدات الفطرية fungus propagules (جراثيم جنسية – كونيديات – هيفات فطرية – جراثيم سابحة – جراثيم ساكنة ... وغير ذلك) تبعا لنوع المــواد العضوية الموجــودة فى التربة ، ومعاملات الســماد والمطــهرات الفطريــة الســابق استعمالها . فعلى سبيل المثال ، أمكن تقدير ٢٠ وحدة من الفطريات المتطفلــة علــى النيماتودا لكل جرام من التربة الجافة فى التربة الزراعية المعاملة بــروث الحيوانــات المجترة ، فى الوقت الذى قدرت فيه وحدة واحدة فقط من هذه الفطريات لكل جرام من التربة غير المعاملة .

وفى دراسة أخرى ، قدر Stirling et al (1979) عدد الوحدات الفطريــة للفطــر *Arthrobotrys dactyloides* والفطر *Monacrosporium ellipsosporum* بيــن ٥ وحدات و ٥٠ وحدة لكل جــرام من التربة الجافة المأخوذة من مشتل خوخ بكاليفورنيا.

وفى طريقــة أخــرى لدراسة الفطريات المتطفلــة علــى النيمــاتودا ، اســتعمل Mankau (1975) مرشحات غشائية membrane filters لترشيح معلــق التربــة ، وبعد ذلك وضع المرشح الغشائى على سطح بيئة اجار دقيق الذرة . وبعد فــترة مــن

التحضين ، تم فحص سطح الاجار ؛ حيث شوهدت النيماتودا والفطريات المتطفلة عليها نامية بعد فترة تحضين تتراوح بين ٦ أيام و ١٢ يوما . ويمكن الاعتماد على هذه الطريقة لمقارنة عيناتٍ مختلفةٍ من التربة والمواد العضوية بطريقةٍ نصف كميةٍ .

وتوضح الطرق غير المباشرة مدى فعالية الفطريات المتطفلة على عشائر النيماتودا فى التربة . ويمكن فحص عينات التربة مباشرة (Kliejunas & Ko, 1975) ، أو عن طريق استخلاص النيماتودا من التربة باستعمال مناخل ذات فتحاتٍ محددةٍ ؛ حيث يؤدى فحص عينات النيماتودا إلى ظهور بعضها مصابا بمصايد الفطريات المتطفلة خارجيًا ؛ مثل الحلقات والعقد اللاصقة ، أو قد توجد عليها حوامل كونيدية لفطرياتٍ متطفلةٍ داخليًا (Capstick et al, 1957) .

وقد تستعمل طرق أخرى لدراسة وعزل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، مثل طمر قطع من السيلوفان فى التربة لفترةٍ ما ، وعند إزالتها وفحصها ميكروسكوبيًا قد يشاهد عليها بعض النيماتودا المصابة بأحد الفطريات الممرضة (Tribe, 1957) .

ولقد تتبع (1961) Cooke نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة ؛ وذلك بطمر شرائح زجاجيةٍ مغطاةٍ بطبقةٍ رقيقةٍ من بيئة اجار دقيق الذرة فى التربة ، وإزالتها على فتراتٍ متباعدةٍ وفحصها ميكروسكوبيًا . ولقد أمكن مشاهدة نيماتودا مصابة ببعض الفطريات المتطفلة عليها .

وقد يمكن العثور على الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا ؛ عن طريق اتباع طريقة نثر التربة على سطح الأجار soil sprinkling technique ، ولكن لما كانت هذه الفطريات سريعة فى إصابتها للعوائل النيماتودية، فإن فرصة مشاهدتها تكون أقل بالمقارنة بالفطريات المتطفلة خارجيًا ، ذات الميسليوم الذى يحمل المصائد المختلفة .

ومن ناحيةٍ أخرى ، أمكن عزل الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا عن الفطريات ذات التطفل الخارجى بواسطة اتباع طريقة الطرد المركزى المفرق differential centrifugation ، الذى يعتمد على أن جراثيم الفطريات المتطفلة خارجيًا أكبر من جراثيم الفطريات ذات التطفل الداخلى (Barron, 1969) .

وفى دراسة أخرى (Giuma & Cooke, 1972) أمكن زيادة كثافة الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا endozoic fungi ؛ عن طريق السماح للنيماتودا المصابة بها إلى الهجرة من خلال مرشح من الألياف السيليلوزية tissue-paper .

واستعمل فى الفصل طريقة قمع بيرمان Baermann funnel technique ؛ حيث توضع التربة المشبعة بالماء فى قمع الترشيح بعد الطرد المركزى . ويتركز وجود النيماتودا المصابة على النسيج الورقى ؛ حيث تنقل إلى بيئة اجار دقيق الذرة ، وتحضن لفترةٍ حتى تظهر حوامل الفطر الممرض أو هيفاته .

كما يمكن عن طريق الفحص الميكروسكوبى المباشر البحث عن إناث النيماتودا المكونة للحوصلات والمصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ حيث تتركز هذه النيماتودا – عادةً – على جذور بعض العوائل النباتية المناسبة . وفى بعض الأحيان يمكن عزل حويصلات النيماتودا من التربة بطريقةٍ مباشرةٍ عن طريق استخدام مناخل ذات فتحاتٍ معينةٍ .

وتعزل الفطريات التى تهاجم بيض النيماتودا باستعمال بيئة الاجار المائى فى المعمل. وبعد فترةٍ من التحضين ، تظهر هيفات الفطر وحوامله الجرثومية ، ثم يعزل الفطر وينقى ، وبعد ذلك يُعرّف (Dackman et al, 1992)

ثامناً : توزيع وانتشار الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

ينتشر وجود هذه الفطريات فى جميع أنحاء العالم ؛ من خط الاستواء حتى القطبين. ويبدو أنه لا توجد فروق معينة فى توزيع وانتشار الأنواع المختلفة من هذه الفطريات فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة باختلاف الظروف الجوية والبيئية المحيطة بها .

ولقد درس (1983) Gray ١٦١ عينة مختلفة من التربة والمواد العضوية المتحللة من أيرلاندا ، وقسمها إلى مجموعات ، تمثل كل مجموعة بيئة معينة ؛ مثل : تربة الغابات المخروطية ، وتربة الغابات ذات الأشجار العريضة الأوراق ، وتربة النباتات العشبية ، وتربة من منطقة ساحلية ... وهكذا . ولقد أمكن عزل عديدٍ من الفطريات المتطفلة على النيماتودا من جميع العينات التى تمت دراستها .

وكانت أكبر نسبةٍ من هذه الفطريات المتطفلة موجودةً فى تربة الغابات المخروطية (٩٠٪ من العينات) ، بينما كانت أقل نسبةٍ (٥٠٪) فى التربة المأخوذة من المناطق العشبية . كما اختلفت أنواع هذه الفطريات من منطقةٍ إلى أخرى .

وتوضح نتائج الدراسة السابقة (Gray, 1983) أن نسبة الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا كانت موزعة على النحو التالي : الأنواع التابعة للجنس *Myzocytium* بنسبة ٩,٣٪ ، والفطر *Verticillium balanoides* بنسبة ٦,٨٪ ، والفطر *Harposporium anguillulae* بنسبة ٦,٢٪ .

وكانت أكثر الفطريات الخارجية التطفل شيوعا في هذه الدراسة الفطر *Monacrosporium bembicodes* بنسبة ٨,٧٪ ، والفطر *M. mamillatum* بنسبة ٦,٨٪ ، والفطر *M. ellipsosporum* بنسبة ٦,٢٪ .

كما أوضحت النتائج ان هناك نوعين من الجنس *Arthrobotrys* (هما : *A. musiformis* ، و *A. robusta*) ينتشران بدرجة كبيرة في المناطق العشبية بصفة خاصة ، بينما وجد أن الفطر *A. oligospora* ينتشر فقط في المناطق الساحلية الدائمة العشب . وعلى الرغم من ذلك ، يعتبر هذا الفطر من أكثر الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا انتشارا في تربة المناطق المعتدلة .

وفي دراسة أخرى متقدمة (Gray, 1985) تمت دراسة ٢٠٦ عينة تربة في أيرلاندا ، تم دراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا وعلاقتها بنوع التربة . ولقد أوضحت النتائج وجود ارتباط بين أنواع هذه الفطريات ونوع المادة العضوية الموجودة في التربة ، ومحتوى التربة من الرطوبة ، ورقم حموضتها .

وعلى سبيل المثال ، وجد أن الفطريات ذات التطفل الداخلي على النيماتودا الحرة (مثل الأجناس : *Drechmeria* ، و *Harposporum* ، و *Myzocytium*) وجدت في عينات التربة ذات المحتوى المائي العالي وذات رقم الحموضة المنخفضة ، وخاصة عند توفر المادة العضوية بها . وفي مثل هذه الظروف يزداد عدد أفراد العشائر النيماتودية التي تناسب تطفل هذه الفطريات عليها .

ويعتبر رقم حموضة التربة هو العامل المحدد لوجود الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة في التربة ؛ حيث وجد أكثر عدد من هذه الفطريات في عينات التربة التي كانت رقم حموضتها ٥,٥ .

وقد أشار تحليل النتائج المتحصل عليها – في مثل هذه الدراسة – إلى أن الفطريات المتطفلة خارجيا تكون مصائدها الفطرية المختلفة تبعا للظروف البيئية المحيطة بها . ففي الفطريات المكونة للهيفات اللاصقة sticky hyphae ، وتلك المكونة للعقد اللاصقة

والفروع اللاصقة .. وجد أن تكوينها لا يرتبط برطوبة التربة أو محتواها مـن المـواد العضوية ؛ بعكس الحال فى الفطريات التى تكون الشباك اللاصقة والحلقات المنقبضة ؛ فانها ترتبط معنويا برطوبة التربة وزيادة المادة العضوية .

ومن ناحية أخرى ، درس (1985) Gray & Bailey التوزيع الرأسى للفطريـات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة فى تربة منطقة غابات الأشجار دائمـة الخضرة ؛ حيث وجدت النيماتودا حتى عمق ٣٥ سنتيمترا ؛ وازدادت أعـداد وأنـواع هذه النيماتودا فى المنطقة السطحية من التربة المتميزة بمحتواها العالى من الدبال .

وتميزت الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة فى المنطقـة السـطحية السـابقة بتكوينـها للتفرعـات الهيفيـة اللاصقـة sticky branches أو الحلقـات المنقبضـة constricting rings . وتختلف أنواع النيماتودا ، ويزداد عددها فـى هـذه المنطقـة السطحية بالمقارنة بالمنطقة السفلية ، التى تقل فيها نسبة المادة العضوية .

وتتميز طبقة التربة السفلى بزيادة نسبة الفطريات المتطفلة داخليا علـى النيمـاتودا الحرة ؛ مثال ذلك الفطر *Verticillium balanoides* ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأخرى المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، والمكونة للشباك الهيفية اللاصقـة . ويقـل وجود مثل هذه الفطريات فى الطبقة السطحية من التربة .

ولقد درس (1986) Ayen & Lysek توزيع هذه الفطريات فى الأراضى الخفيفـة التى تنمو فيها أشجار الخوخ فى ألمانيا ؛ حيث تم عزل عديد من أنواع الفطريات ذات التطفل الداخلى على النيماتودا الحرة ، وخاصة فى فصل الشتاء ، بينما كان عدد هـذه الفطريات أقل خلال فصل الصيف .

وأوضحت الدراسة السابقة زيادة عدد هذه الفطريات المتطفلة داخليا على النيمـاتودا عند زيادة رطوبة التربة ؛ ويرجع السبب الأساسى فى ذلك إلى أن أكثر مـن نصـف الفطريات التى تم عزلها كانت تتبع الجنس *Myzocytium* الذى يكون جراثيم سـابحة zoospores.

وتدل نتائج دراسات أخرى عديدة على زيادة انتشار الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا فى التربة ذات المحتوى العالى من المواد العضوية المتحللة . وربما يرجـع ذلك إلى زيادة أعداد العوائل النيماتودية التى تتغذى على البكتيريا وهيفات الفطريـات والمواد العضوية فى مثل هذه البيئة .

ولقد استعمل Cooke فى أبحاثه العديدة(أعوام ١٩٦٢أ و ١٩٦٣أ و ب و ١٩٦٤ و ١٩٦٨) طريقة قطع الاجار المصبوبة The buried agar disc technique لدراسة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، والتى تزداد بعد إضافة المادة العضوية إلى التربة . ولقد تم تقدير أعداد العشائر النيماتودية فى التربة عن طريق فصلها باستعمال " قمع بيرمان Baermann funnel " .

وفى دراسة أخرى (Cooke, 1962 a) ، أضيفت ثلاثة جرامات سكروز إلى ٢٥٠ جرام تربة ؛ فأدى ذلك إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة زيادة تدريجية ، وصلت إلى أقصى نشاط لها فى النمو بعد أربعة أسابيع ، ثم انخفض نشاطها – بعد ذلك – حيث وصل إلى أدنى مستوى لها بعد اثنى عشر أسبوعا.

وفى نفس الدراسة السابقة ، أظهرت العشيرة النيماتودية نفس السلوك السابق الذى أظهرته الفطريات المتطفلة ؛ فلقد زادت أعداد النيماتودا إلى أعلى مستوى لها بعد خمسة أسابيع من إضافة السكر ؛ حيث وصل عددها إلى ١٥ ضعف العدد الأصلى فى أول الدراسة ، ثم انخفض عدد هذه النيماتودا إلى أدنى مستوى بعد سبعة أسابيع .

وقدر نشاط الفطريات المتطفلة على النيماتودا خلال هذه التجربة ؛ حيث لوحظ أن الفطريات المكونة للمصائد الشبكية اللاصقة adhesive reticulate traps (مثل : *Athrobotrys oligospora* ، و *Drechmeria psychrophila* ، و *Trichothecium cystosporium*) كانت سائدة خلال الفترة المحصورة بين أسبوعين إلى ستة أسابيع من بداية التجربة . وبعد هذه الفترة – خاصة خلال الأسابيع من الخامس إلى الحادى عشر – كانت الفطريات السائدة هى تلك المكونة للتفرعات القصيرة اللاصقة short adhesive branches ؛ مثال ذلك الفطر *Monacrosporium cionopagum* .

وفى تجربة أخرى ، أضيفت كميات مختلفة من السكروز إلى التربة ؛ تتراوح بين جرام واحد وثلاثة جرامات ؛ مما أدى إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة ، ثم انخفض هذا النشاط بعد ذلك تدريجيا حتى وصل إلى أدنى مستوى بعد سبعة أسابيع من بداية التجربة .

وعند مستويات أعلى من السكروز ، لم يزد نشاط هذه الفطريات المتطفلة إلا زيادة محدودة ، بينما زاد أفراد العشيرة النيماتودية زيادة معنوية ، واستمرت هذه الزيادة لمدة أطول من سبعة أسابيع ، وهى مدة التجربة .

ومن ناحية أخرى ، أجريت تجارب أخرى مشابهة ؛ وذلك باستعمال مبشور الكرنب بكميات تتراوح بين ٥ جرامات و ٢٠ جراما لكل ٢٥٠ جراما تربة ؛ وذلك كمادة محسنة للتربة (Cooke , 1962b) . ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة زيادة أعداد العشائر النيماتودية الموجودة فى التربة بدرجة أكبر من تلك الزيادة الناتجة عن إضافة السكروز . ومن الجدير بالملاحظة ، أن نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا قد ازداد أيضا تدريجيا ، ثم انخفض نشاطها إلى الصفر خلال ٤ – ٥ أسابيع.

ولقد ازداد أعداد أفراد العشيرة النيماتودية زيادة سريعة بعد إضافة المادة العضوية المحسنة للتربة ، ثم نقص أعداد النيماتودا بعد ذلك . وعلى الرغم من هذا الانخفاض ، فإن أعداد أفراد النيماتودا كانت عالية نسبيًا ؛ وذلك راجع إلى انخفاض نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا إلى أدنى حدّ ؛ وعلى ذلك فإنه لا يوجد ارتباط بسيط بين مستوى عشيرة النيماتودية ونشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وفى بعض الحالات ، تتعاون عديد من الكائنات الحية الدقيقة فى مهاجمة النيماتودا ؛ فعلى سبيل المثال ، يستوطن ماء الصرف الصحى عديدٌ من البكتيريا والفطريات والحيوانات السوطية والهدبية الأولية البسيطة ، بالإضافة إلى النيماتودا التى تتعرض لهجوم هذه الأحياء الدقيقة خاصة الفطريات ؛ مثل الفطر *Gatenaria anguillulae* الذى يكون جراثيم هدبية تسبح فى الوسط المائى ، وأيضا الفطر *Drechmeria coniospora* الذى يكوّن جراثيم كونيدية .

وعند اختبار عينةٍ من ماء الصرف تحتوى على جراثيم الفطريين السابقين فى المعمل على النيماتودا ، وجد أن العشيرة النيماتودية قد قُضى عليها خلال ٢٠ – ٣٠ يوما . وأيضا اختبر الفطر *C. anguillulae* على عشيرةٍ من النيماتودا كثافتها ١٨٥ فرداً لكل ملليلتر ؛ حيث استطاع الفطر السابق القضاء عليها خلال أيام قليلةٍ (Gray, 1985) .

تاسعاً : الخصائص البيئية للفطريات المتطفلة على النيماتودا :

تشير عديد من الدراسات البيئية إلى أن الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة – التى تكوّن شباكا لاصقة adhesive networks – تكون سائدةً فى المراحل المبكرة من نمو الفطريات

على بيئة الاجار المائى ، وتكون أول الفطريات التى تنمو فى سلسلة تتابع الفطريات المتطفلة على النيماتودا .

وقد يعزى ظهور هذه الفطريات مبكرا إلى سرعة نموها أكثر من غيرها من الفطريات الأخرى المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ وبالتالى تزداد قدرتها على منافسة كائنات التربة الدقيقة الأخرى ؛ وذلك يعنى أن هذه الفطريات ذات قدرة ترممية تنافسية عالية competitive saprophytic ability ، بالمقارنة بغيرها من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا .

ولقد قسم الباحثان Nordbring-Herz & Jansson (1984) الفطريات المتطفلة على النيماتودا إلى ثلاث مجموعات :

المجموعة الأولى : يمثلها الفطر *Arthrobotrys oligospora*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات سريعة النمو ، ولكنها ليست فعالة فى خفض عدد أفراد العشائر النيماتودية فى الطبيعة .

ومن المثير للانتباه أنه لوحظ أن بعض أنواع الجنس *Arthrobotrys* تلتف هيفاتها حول هيفات بعض فطريات التربة الممرضة للنبات ؛ مثال ذلك : الفطر *Rhizoctonia* ؛ مما يسبب انهيار هيفات الفطر الأخير وتحللها (أبحاث Persson et al., 1985) . ويدل ذلك على أن الفطر *Arthrobotrys* لا ينحصر نشاطه البيئى فى مهاجمة النيماتودا الحرة فقط ، ولكن يمتد نشاطه التطفلى إلى مهاجمة بعض فطريات التربة الأخرى ؛ حيث يتطفل عليها (mycoparasitism) .

المجموعة الثانية : يمثلها الفطر *Dactylaria candida* و الفطر *D. gracilis* والفطر *Monocrosporium cionopagum*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات بطيئة النمو ، وضعيفة الترمم ، ولكنها فعالة فى تطفلها على النيماتودا الحرة ، حيث تخفض عدد أفراد عشائرها فى التربة . ولقد أطلق على أفراد هذه المجموعة اسم " الفطريات المفترسة Predacious fungi " .

المجموعة الثالثة : تتكون من الفطريات الداخلية التطفل ؛ مثال ذلك الفطر : *Drechmeria coniospora* ، والفطر : *Harposporium anguillulae*

وتتميز هذه المجموعة بأن فطرياتها بطيئة النمو ، إجبارية التطفل على النيماتودا الحرة ، ولا توجد هذه الفطريات نامية فى الطبيعة بعيدا عن عوائلها النيماتودية ، وليس لهذه الفطريات نشاط ما فى البيئة الخالية من النيماتودا .

وتختلف المجموعات الثلاث السابقة من الفطريات المتطفلة على النيماتودا فيما بينها فى قدرتها على جذب النيماتودا إليها . ولدراسة ذلك استخدم الباحثان Jansson & Nordbring-Hertz فى بحثهما المنشور عام ١٩٧٩ أقراص من الاجار ، بعضها يحتوى على فطريات متطفلة على النيماتودا ، والبعض الاخر يحتوى على فطريات لا تتطفل عليها . ثم وضعت هذه الأقراص فى جهتين متقابلتين فى طبق بترى يحتوى على بيئة اجار دقيق الذرة المخففة ، بينما وضعت أقراص أخرى من الاجار الخالى من النموات الفطرية للمقارنة . وفى مركز الطبق البترى تم وضع معلق مائى يحتوى على بعض أفراد من النيماتودا الحرة ، وتمت مراقبة حركة النيماتودا إلى أقراص الاجار السابقة وذلك كل ٦ ساعات .

وأوضحت النتائج التى تم الحصول عليها أن أكثر الفطريات جاذبية للنيماتودا هو الفطر *Harposporium anguillulae* التابع للمجموعة الثالثة ، يليه الفطر *Monacrosporium ellipsosporum* التابع للمجموعة الثانية ، ثم الفطر *Arthrobotrys superba* التابع للمجموعة الأولى .

وتختلف الوسائل التى تلجأ إليها الفطريات المتطفلة على النيماتودا التابعة للمجاميع السابقة فى جذب ضحاياها من النيماتودا . ففى حالات عديدة توفر هذه الفطريات مصدرا غذائيا للنيماتودا المتغذية على الفطريات ، كما أن هناك دلائل على أن الأعضاء الفطرية الصائدة trapping organs نفسها توفر مزيدا من عوامل الجذب لهذه النيماتودا (Jansson, 1982) .

وتدل عديد من الدراسات الحديثة على أن هناك حوارا – على درجة عالية من التطور والتعقيد – بين كل من الفطريات المتطفلة على النيماتودا وفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة حولها . فعلى سبيل المثال ، يعمل وجود أفراد النيماتودا حول

هيفات الفطر على تشجيع الفطر لتكوين مصائدها المختلفة، محولا سلوكه الغذائي من الترمم إلى التطفل .

واهتم كثير من الباحثين بدراسة العوامل الكيماوية التى تنبه الفطر لتكوين مصائده؛ حيث اكتشف Nordbring-Hertz (1973) أن هذه المواد عبارة عن ببتيدات بسيطة .

بينما أوضحت دراسات أخرى أن هذه المواد قد تكون لاكتينات lectins (بروتينات سكرية متخصصة) . ومازالت هذه المواد تحتاج إلى مزيد من الدراسة ؛ للكشف عن تركيبها ودورها فى جذب النيماتودا الحرة إلى شراك الفطر الخادعة ، وأيضا فى تحول السلوك الغذائى لمثل هذه الفطريات .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن ميسليوم الفطر المتطفل *A. oligospora* يفرز توكسينا فى فرائسة النيماتودية nematotoxin يجعلها عاجزة عن الحركة . ولقد اختبرت قدرة هذا الفطر على إفراز هذا التوكسين ؛ وذلك عن طريق ترشيح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر المتطفل فى غياب النيماتودا ؛ فلم يؤثر المترشح على نشاط النيماتودا من الجنس *Rhabditis* ؛ وهذا يدل على عدم تكوين التوكسين . وعلى العكس من ذلك عند اختبار مرشح نفس الفطر النامى فى وجود النيماتودا .

جدول (٨ – ٣) : المجاميع البينية للفطريات المتطفلة على النيماتودا
عن (Persson et al., 1985) .

الصفات	الفطريات المتطفلة خارجيا		الفطريات المتطفلة داخليا
	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
أعضاء المصائد	الشباك اللاصقة يتم تكوينها عند وجود العوائل النيماتودية أو بواسطة الحث الكيمائى .	عقد لاصقة ، فروع هيفية لاصقة ، حلقات منقبضة ، حلقات غير منقبضة .	كونيديات لاصقة تلتصق بجليد النيماتودا أو تبتلعها النيماتودا .
طريقة النمو	سريعة النمو ذات قدرة ترممية عالية ، ضعيفة فى خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .	بطيئة النمو نسبيا ذات قدرة ترممية ضعيفة ، فعالة فى خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .	غالبا متطفلات اجبارية بطيئة النمو جدا .
أمثلة	أنواع من الجنس *Arthrobotrys* مثل *A. oligospora* و *A. conoides*	*Dactylaria candida* و *Monacrosporium cionopagum* و *D. gracilis*	*Drechmeria coniospora* و *Harposporium anguillulae*

ويعتبر ميسليوم الفطريـــات الداخليــة التطفــل – مثــل الفطـــر *Harposporium anguillulae* ، والفطر *Drechmeria coniospora* – شديـــد الجاذبيـــة للنيمـــاتودا الحرة المتحولة فى التربة وعلى المادة العضوية . ولقد أظـــهرت أبحـــاث أخـــرى أن جراثيم الأنـــواع الفطريـــة التابعة للجنس *Drechmeria* تجـــذب هـــى أيضـــا هـــذه النيماتودا الحرة (Jansson, 1982) .

وتنجذب النيماتودا – عادة – للتغذية بالقرب من هيفات الفطـــر *Harposporium* . ومن المحتمل أن تتغذى هذه النيماتودا على فرائس الفطر السابق بعد تحليلها ، ويـــؤدى ذلك إلى ابتلاعها لكونيديات الفطر الممرض ؛ مما يجعلها تصاب به بسبب وجود هـــذه الجراثيم فى قناتها الهضمية .

وعند وجود النيماتودا ، تتنبه كونيديات الفطـــر *Drechmeria* مكونـــة بـــراعم لاصقة تتكون عند طرفها الدقيق . ولقد وجـــد أن النيمـــاتودا التـــى تتغـــذى علـــى المستعمرات البكتيرية (مثل نيماتودا *Panagrellus redivivus*) تنجذب إليـــها هـــذه البراعم اللاصقة فى منطقة حول الفم ، وهى المنطقة التـــى توجـــد بـــها المســـتقبلات الكيمائية chemoreception . وهناك دلائل على أن بعض الكربوهيدرات تتركز فـــى هذه المناطق؛ مما يؤدى إلى مهاجمة البراعم اللاصقة عن طريق ارتباطها باللاكتينـــات lectins الموجودة على جليد النيماتودا (Jansson & Nordbring-Hertz, 1983,1984) ثم تبدأ هذه البراعم فى الإنبات واختراق جليد النيماتودا .

وتهاجم كونيديات الفطر *Nematoctonus* منطقة الرأس للنيمـــاتودا *Aphelenchus avenae* التى تتغذى على الفطريات ؛ حيث تفرز هذه الكونيديات – عند إنباتها علـــى سطح العوائل النيماتودية – توكسينات ضارة بالنيماتـــودا nematotoxins ، وهـــى فعالة حتى فى التركيزات المنخفضة ؛ بحيث تؤدى إلى شلل ضحاياها .

وقد يؤدى تلامس جسم النيماتودا مع كونيدة واحدة من هذا الفطر إلى شلل حركـــة الفريسة لفتـــرة كافيـــة لإنبات الكونيـــدة وتكوين هيفا قصيرة تختـــرق جليـــد الضحية (Giuma & Cooke 1971) .

ويظهر الفحص الدقيق لجسم النيماتودا الميتة – نتيجة إصابتـــها بـــأحد الفطريـــات المتطفلة داخليا – أنها نادرا ما تهاجم بفطريات التربة الأخـــرى المترممـــة ، وربمـــا يكون ذلك راجعا إلى وجود مواد مثبطة لنمو الفطريات الأخرى فى جســـم الفريســـة ؛ حتى يستأثر الفطر المتطفل بفريسته ، دون أن ينازعه فيها أحد .

وتتكون على هيفات الفطر *Nematoctonus* ذات الروابط الكلابية حوامل كونيدية تحمل كونيديات ، ويدل وجود الروابط الكلابية على هيفات الفطر أنه يتبع الفطريات البازيدية . ولقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن الطور الكامل لهذا الفطر هو *Hohenbuehelia* ؛ وهو أحد فطريات عيش الغراب التى تكون أجسامها الثمرية على الخشب المتعفن . ويعتقد أن تطفل هذا الفطر على النيماتودا يتيح له فرصة الحصول على مصدر نتروجينى جيد يسداحتياجاته الغذائية (Barron, 1992) .

ومن الفطريات البازيدية الأخرى التى تنمو على الخشب المتعفن الجنس *Hyphoderma* التابع للعائلة Corticiaceae . وتتكون على ميسليوم هذا الفطر كونيديات يطلق عليها اسم stephanocysts تتركب من خليتين ؛ القاعدية كأسية الشكل، والقمية كروية ذات أشواك مجوفة تحيط بها وتساعدها على التعلق بجليد النيماتودا من الجنس *Aphelenchoides* .

وبعد تعلق هذه الكونيديات بجليد عائلها النيماتودى ، يتم إنباتها ، ثم تخترق جليد العائل مكونة هيفات عدوى تخترق الأحشاء الداخلية ؛ ومحللة الأنسجة ؛ مما يؤدى إلى موت الفريسة فى خلال ٢٤ ساعة من العدوى . ولا يعتقد أن هذا الفطر يفرز توكسينات فى أجسام فرائسه (Liou & Tzean, 1992) .

ومن المثير للانتباه أن ميسليوم عديد من الفطريات البازيدية النامية على الخشب المتعفن – وبعضها يتبع فطريات عيش الغراب – يمكنها أن تشل حركة النيماتودا بسرعة ، وتخترق أجسامها بعد ذلك . ومن هذه الفطريات فطر عيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* ؛ الذى يكون خلايا أسطوانية تفرز قطيرات من التوكسين ostreatin ؛ الذى يشل حركة النيماتودا ويجعلها عاجزة عن الحركة .

وتنمو هيفات الفطر الدقيقة لفطر عيش الغراب المحارى منجذبة كيمائيا إلى فتحة الفم فى النيماتودا وتخترقه ، ثم تنمو داخل جسم النيماتودا ؛ محللة أحشاءها ومستفيدة من محتوياتها وخاصة البروتينية (Barron & Thorn, 1987) .

ومن ناحية أخرى ، تختلف كيفية بقاء الفطريات المتطفلة على النيماتودا فى التربة خلال الظروف السيئة . وهناك بعض الأدلة التى توضح قدرة بعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا على الترمم عند غياب عوائلها النيماتودية ، بينما يمكن لبعض الأنواع – وخاصة تلك التابعة للجنس *Arthrobotrys* – التطفل على بعض فطريات التربة الأخرى .

كما تستطيع الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا البقاء على قيد الحياة فى التربة فى صورة كونيديات . وتشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن المصائد الكونيدية conidial traps التى تكونها بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا قد تبقى فى التربة لفترة كتركيبات فطرية متحملة الظروف السيئة ، وغياب العائل النيماتودى المناسب .

وتكون بعض الفطريات الداخلية التطفل جراثيم كلاميدية – كما هى الحال فى الأنواع التابعة للجنس *Verticillium* – بينما تكون فطريات أخرى جراثيم بيضية داخل حوصلات النيماتودا أو فى أجسامها الميتة . وقد تحتوى هذه الأجسام الميتة للنيماتودا – فى بعض الأحيان – على هيفات فطرية تبقى ساكنة لفترة ؛ متحملة الظروف السيئة فى التربة .

ومن المعروف – أيضا – عن النيماتودا الحرة التى يتعلق بجسمها المصائد الفطرية الشبيهة بالعقد Knob-like traps للفطر *Dactylaria candida* أن هذه المصائد تظل متعلقة بجليد النيماتودا كأعضاء ساكنة ، حتى بعد انفصالها من هيفات الفطر المتطفل ، وتستمر النيماتودا متحركة من مكان لآخر ؛ حتى تنشط خلايا المصيدة وتصيب النيماتودا.

عاشرا : بيولوجيا الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

١ – تكوين الجراثيم :

تكون هذه المجموعة من الفطريات جراثيم جنسية أو لا جنسية . وتتفاوت هذه الجراثيم فى حجمها وأيضا فى طبيعتها ؛ فقد تكون صغيرة أو كبيرة الحجم ، جافة أو رطبة ، داكنة اللون أو فاتحة ، مقسمة أو غير مقسمة . وتعمل هذه الجراثيم على نشر الفطر من مكان وجوده إلى أماكن أخرى بعيدة ، وأيضا تساعد هذه الجراثيم على تحمل الفطر لظروف البيئة السيئة .

وبعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة تكون جراثيم متحركة بأسواط ، بينما معظم الجراثيم التى تكونها هذه الفطريات تكون غير متحركة . كما أن معظم الجراثيم تأخذ أشكالا كروية أو بيضية أو إهللجية ، بينما تكون بعض الفطريات جراثيم

ذات أشكال غريبة غير مألوفة ، مثل شكل عظمة الكتف فى الإنسان ، أو شكل الحذاء ذى الكعب العالى .

ويعتبر الحجم المتوسط لهذه الكونيديات هو المثالى ، بحيث لا تكون كبيرة بدرجة يصعب انتشارها ، ولا صغيرة بدرجة لا تجعلها تحمل غذاء كافيا يحفظ حياتها حتى تجد فريستها من النيماتودا الحرة . ويلاحظ أن كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا تكون ذات جراثيم كبيرة الحجم عادة ، بعكس الحال فى الفطريات ذات التطفل الداخلى التى تكون جراثيم صغيرة الحجم .

ومن الأهمية بمكان أن تكون الكونيدة موجودة فى المكان المناسب والوقت الملائم ؛ حتى تتوفر لها الفرصة فى إصابة عائلها النيماتودى واستكمال دورة حياتها بتكوين كونيديات جديدة ؛ لذلك نجد أن الفطريات ذات التطفل الخارجى تكون أعدادا قليلة من الكونيديات ، بينما يزداد عدد الكونيديات التى تكونها الفطريات المتطفلة داخليا .

وتتميز كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة بأنها تحتاج إلى كمية كبيرة من الغذاء المدخر يكفى احتياجاتها بداية من الإنبات حتى تكوين نموات هيفية تحمل مصائد لقنص النيماتودا . ومثال ذلك الكونيديات الكبيرة الحجم التى يكونها الفطر *Arthrobotrys anchonia* التى تنبت مكونة هيفات تحمل حلقات منقبضة يتراوح عددها من ٥ إلى ٧ حلقات (شكل ٨ - ٢٦) ، بينما تكون الجراثيم الصغيرة للفطر *Dactylaria brochopaga* حلقة واحدة فقط (شكل ٨ - ٢٥) .

وعلى ذلك فإن كونيديات الفطر المتطفل خارجيا على النيماتودا تنبت مكونة عضوا واحدا على الأقل لاصطياد فرائسها ؛ فإذا تكونت حلقة ضاغطة من هذه الكونيدة ، نجد أن قطر الحلقة حوالى ٣٠ ميكرونا ، وسمك خلايا الحلقة حوالى ٥ ميكرونات ؛ لذلك نجد أن أصغر كونيدة يجب أن تكون كبيرة بدرجة تكفى لوجود غذاء مدخر يكفى لتكوين التراكيب الفطرية السابقة .

أما فى الفطريات المتطفلة داخليا ، فهى تكون كونيديات صغيرة الحجم ، ولكن بأعداد كبيرة ؛ حيث تبقى هذه الكونيديات فى مكان تكوينها منتظرة فرصة مرور أحد أفراد النيماتودا الحرة بجوارها ، فإما أن تلتصق بجليدها ، وإما أن تبتعلها هذه النيماتودا مع المواد العضوية وتمر خلال قناتها الهضمية .

وعند إنبات هذه الكونيديات ، تعمل هيفات العدوى على اختراق جسم النيماتودا ، سواء من الجليد فى حالة الإصابة الخارجية ، أم من منطقة القناة الهضمية فى الإصابة الداخلية ؛ وعلى ذلك فإن الطاقة التى تحتاج إليها هذه الجراثيم لإحداث العدوى تكون محدودة ؛ لذلك نجد أن هذه الجراثيم تكون - عادة - صغيرة الحجم .

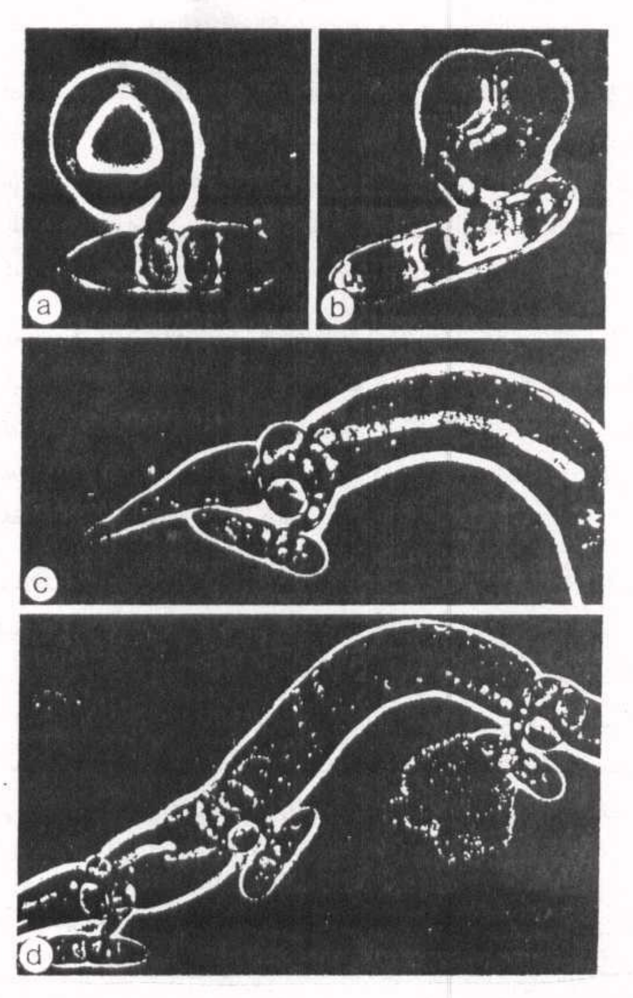
ويصل قطر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل إلى أقل من ٣ ميكرونات ؛ ففى الفطر *Verticillium sphaerosporum* يتراوح قطر الكونيديات بين ميكرونين وثلاثة ميكرونات ، وفى الفطر *Plesiospora globosa* يبلغ قطر الكونيدة ميكرونين . وقد يصل قطر الكونيدة إلى أصغر من ذلك ؛ حيث قد يصل قطرها إلى حوالى ١,٣ ميكرونا ؛ كما فى الفطر *Paecilomyces coccospora* .

وتهاجم بعض كونيديات الفطريات الداخلية التطفل فرائسها من النيماتودا الحرة عن طريق ابتلاعها واستقرارها فى التجويف الفمى ؛ مثال ذلك كونيديات الفطر *Harposporium diceraeum* (أبعاد الكونيديات ٣,٥ - ٤ x ١ - ١,٥ ميكرونا) ، والفطر *H. sicyodes* (أبعاد الكونيديات ٣ - ٥ x ٠,٩ - ١,٢ ميكرونا) . وتعتبر كونيديات الفطر الأخير أصغر الجراثيم الفطرية المعروفة .

وهناك حالات شاذة فى الفطريات داخلية التطفل على النيماتودا ، تشاهد فيها كونيديات كبيرة الحجم نسبيا ، كما تشاهد أيضا أشكال متباينة من هذه الكونيديات ؛ مثل: الإبرى ، والحلزونى ، وبعضها ذات أشكال يصعب وصفها . فعلى سبيل المثال يكون الفطر *Harposporium diceraeum* كونيديات تشبه الحذاء ذا الكعب العالى ، بينما يكون الفطر *H. bysmatosporum* كونيديات تأخذ شكل عظمة الكتف فى الإنسان، وفى الفطر *H. rhynchosporum* تشبه كونيدياته شكل بيضة حديثة الفقس يخرج منها كتكوت (شكل ٨ - ١٦) .

وتأخذ كونيديات الفطريات الداخلية التطفل - التى تتعلق بعضلات مرئ النيماتودا - شكلا هلاليا أو حلزونيا ، ويكون لهذه الكونيدات نهاية مدببة تساعدها على التعلق بألياف العضلات والاستقرار فى هذا المكان ؛ حتى يتم لها الإنبات وإحداث العدوى .

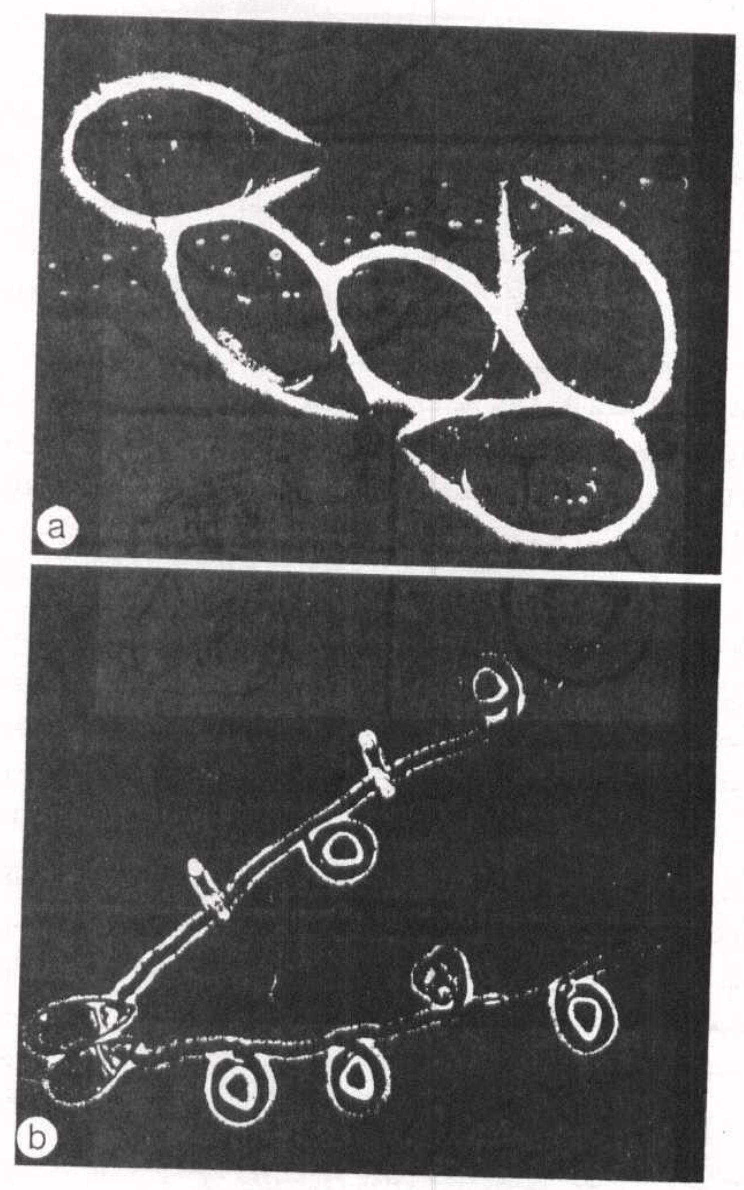
وتتميز كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة بأنها جافة ، محمولة على قمة حامل كونيدى يساعد على نثرها عن طريق الهواء . وتظهر هذه الحوامل الكونيدية عمودية على المادة التى تنمو عليها هيفات الفطر .



شكل (٨ – ٢٥) : الفطر *Dactylaria brochopaga* **حيث تنبت الكونيديات فيه بإعطاء حلقة ضاغطة مباشرة .**

a = حلقة مفتوحة . b = حلقة مقفولة .

c.d = هيفات العدوى infection hyphae للفطر تنمو داخل جسم العائل النيماتودى. وتظهر الخلايا الثلاث للحلقة بوضوح ؛ لأن قوة الضغط على جسم النيماتودا أدى إلى تمزق جسمها .



شكل (٨ - ٢٦) : الفطر *Arthrobotrys anchonia* .

a = كونيديات الفطر .

b = كونيديات نابتة فى وجود النيماتودا ؛ حيث تتكون حلقات ضـــاغطة على هيفات الفطر .

وقد يحمل الحامل الكونيدى كونيدةً واحدةً على قمته ، بينما تحمل حوامل كونيدية أخرى قليلاً من الكونيديات . وفى بعض الفطريات تحمل حواملها عديد من الكونيديات المتجمعة على قمتها . ويعتبر الفطر *Arthrobotrys oligospora* أكثر الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا وفرةً فى تكوين الكونيديات . ويتميز الحامل الكونيدى فى هذا الفطر بأنه كاذب المحور ؛ حيث تنتهى قمته بتكوين عنقودٍ من الكونيديات ، ثم يستكمل الحامل نموه مرةً أخرى حاملاً مزيداً من الكونيديات (شكل ٨ - ٧ - a) .

وفى الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا ، تنتج الكونيديات - عادةً - فى مادةٍ هلاميةٍ لزجةٍ ، وقد تنتشر هذه الكونيديات عن طريق طرطشة الماء ، وكذلك عن طريق حملها على جسم بعض حيوانات التربة الدقيقة كالحلم . وترتفع الحوامل الكونيدية مسافة قصيرةً نسبيًا عن مستوى المادة العضوية التى توجد بها هذه الفطريات ؛ حيث تكون فى متناول النيماتودا الزاحفة على سطح البيئة وحيوانات التربة الدقيقة الأخرى التى تقوم بنقلها .

وهناك سبب آخر لحمل كونيديات هذه الفطريات فوق مستوى المادة العضوية التى يوجد بها الفطر ؛ حيث إن ارتفاعها عن البيئة العضوية يبعدها عن فعل كائنات التربة التى تهاجم هذه الكونيديات وتتغذى عليها ؛ مثال ذلك : الحلم، ومفصليات الأرجل ، والبروتوزوا ، والنيماتودا المتغذية على الفطريات ، وغير ذلك من الكائنات الحية الأخرى .

وكم شوهدت أميبا تلتهم كونيديات الفطر .*Harposporium* spp وغيره من الفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا . وهكذا فإن كثيراً من كونيديات هذه الفطريات المتطفلة تكون وجبة غذائية شهية لعديدٍ من أحياء التربة الدقيقة ؛ مما يقلل من أعداد هذه الفطريات إلى مستوى منخفض ، وخاصة عند غياب العوائل النيماتودية المناسبة ، والتى يؤدى وجودها إلى زيادة نمو هذه الفطريات إلى مستوى متزن حيويا .

وعندما ترتفع هذه الكونيديات محمولة على حواملها - فوق مستوى المادة العضوية التى ينمو عليها ميسليوم الفطر - فإن ذلك يحمى هذه الكونيديات من متناول حيوانات التربة الأولية microfauna ، ويجعلها قادرة على إحداث العدوى للنيماتودا الحرة لأطول فترة ممكنة .

ولقد أوضحت الدراسات - التى أجريت على الفطـــر *Arthrobotrys oligospora* وغيره من الأنواع الأخرى التابعة للفطريات المتطفلة خارجيا على النيمـــاتودا - انـــه عندما تسقط الكونيديات على سطح المادة العضوية التى تنمو عليها هيفات الفطر ، فإنها سرعان ما تتحلل وتموت بفعل أحياء التربة الدقيقة ، بينما يؤدى حملها على حواملـــها الكونيدية المرتفعة نسبيا إلى حمايتها من ذلك .

وتكون بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا جراثيم جنســـية sexual spores ، كما هى الحال فى الفطر *Myzocytium* الذى يكون جراثيم بيضية . وفى هـــذا الفطـــر تتكون على الهيفات الفطرية جاميطات مذكرة antheridia وجاميطات مؤنثة oogonia، تتحد معا لتكوين جراثيم بيضية سميكة الجدار thick-walled oospores . وتتكون هذه الجاميطات على نفس الثالوس الفطرى ؛ لذلك يوصف مثل هذا الثالوس بأنه " متشابـــه homothallic thallus " .

وتعتبر الحالة السابقة نادرة الحدوث فى الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيـــث إن معظم هذه الفطريات لا تكون أطوارا جنسية ، ولكنها تعتمد فى تكاثرها على تكوين الجراثيم اللاجنسية . وتعتبر الجراثيم الجنسية - على أية حال - وسيلة من وسائل حفظ النوع أكثر منها وسيلة للتكاثر وزيادة العدد ؛ حيث إنها تتكون - عادة - بأعداد قليلـــة نسبيا ، كما أنها تتحمل الظروف السيئة بالمقارنة بالجراثيم اللاجنسية .

وهناك بعض التراكيب الفطرية اللاجنسية الأخرى التى تكونها عديد من الفطريـــات المتطفلة على النيماتودا بغرض مواجهة الظروف البيئية السيئة ؛ مثـــال ذلـــك تكويـــن الجراثيم الكلاميدية chlamydospores ذات الجدار السميك واللون الداكن . وتتكون هذه الجراثيم فى الفطريات المتطفلة داخليا وخارجيا على النيماتودا .

وعلى سبيل المثال ، يكون الفطر *Harposporium anguillulae* حوامل كونيديـــة تحمل كونيديات بعد أن تحلل هيفاته جسم الفريسة النيماتودية . وعند فحص جسم هـــذه الفريسة، تـــشاهد هيفات الفطـــر ذات الخلايا المنتفخة نتيجة امتلائها بـــالبروتوبلازم ، كما تحاط بجدار سميك داكن اللـــون ، وتســـمى هذه الخلايا بـــ " الجراثيم الكلاميدية " (شكل ٨ - ٢١ - c) .

وتتحـــرر هذه الجراثيم الكلاميدية بعد تحلل جسم العائـــل النيماتودى ؛ حيث تنبـــت فى الظـــروف المناســـبة ؛ مكـــونة حوامـــل كونيدية تحمل كونيديـــات علـــى قمـــة

الحوامل. وتعتبر هذه الكونيديات مادة لقاح أولى لعدوى جديدة لمزيد من الضحايا النيماتودية .

وينتج الفطر *Harposporium bysmatosporum* سلاسل من الجراثيم المفصلية arthrospores ، تنتج عن تجزؤ هيفاته المقسمة ، بينما لا يكون الفطر جراثيم كلاميدية. ومن المحتمل أن تقوم الجراثيم المفصلية مقام الأطوار الساكنة في تحمل الظروف السيئة .

ويكون الفطر *Meristacrum* تركيبات فطرية كبيرة الحجم من الثالوس الفطرى ، تتكشف لتكون جراثيم كلاميدية سميكة الجدر ذات شكل كروى . وعند إنبات هذه الجراثيم الكلاميدية ، يظهر منها حوامل كونيدية تحمل كونيديات تشابه تلك التى تتكون عند إنبات التركيبات الفطرية الجسدية thallodic segments .

كما تنتج بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا جراثيم ساكنة ، يمكنها تحمل الظروف البيئية السيئة من حولها ، وأحيانا تكون مثل هذه الجراثيم شائعة ؛ مثال ذلك : الكونيديات التى يكونها الفطر *Arthrobotrys flagrans* . ولكن مثل هذه الجراثيم نادرة الوجود فى هذه المجموعة من الفطريات .

وإذا أخذنا فى الحسبان أهمية هذه الجراثيم الساكنة فى بقاء الفطريات المتطفلة على النيماتودا – وخاصة تحت الظروف البيئية السيئة – فلعله يكون من المثير للدهشة أن كثيرا من هذه الفطريات لا تكون جراثيم كلاميدية ، وعلى الرغم من ذلك فهى تستطيع مجابهة الظروف الصعبة ، فما الوسيلة التى تعتمد عليها مثل هذه الفطريات ؟

لعله من الصعب الإجابة عن مثل هذا التساؤل إجابة واقعية دقيقة ، ولكن هناك بعض الاحتمالات . فمن الممكن أن تبقى هذه الفطريات ساكنة داخل عوائلها النيماتودية خلال الفترات البيئية السيئة مثل الجفاف . وربما تؤدى دراسة دورة حياة النيماتودا الحرة دراسة جيدة إلى فهم الدور الذى تلعبه هذه العوائل مع الفطريات المتطفلة عليها .

ومن ناحية أخرى ، فإن وجود الطور الجنسى الكامل فى بعض الفطريات يغرى الباحثين والدارسين بمحاولة التنقيب عن الأطوار الجنسية للفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا ، والتى تستطيع الصمود أمام تلك الظروف البيئية السيئة .

٣ - آلية تكوين المصائد :

تسلك هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا سلوكا مترمما فى البيئة التى تنمو فيها ، والتى تخلو من العوائل النيماتودية ؛ فعلى سبيل المثال عند إنمـــاء الفطـــر *Dactylella bembicodes* بصورة نقية على بيئة غذائية فى المعمل لا تتكـــون علـــى هيفاته حلقات صائدة .

ويتغير سلوك هذه الهيفات الفطرية عند وجود العائل النيماتودى ؛ فمثلا عند إضافة قطيرات من معلق مائى يحتوى على النيماتودا على هذه الهيفات الفطرية ، فإن ذلـــك يشجع الهيفات على تكوين الحلقات . وفى دراسة أخرى أمكن حث الهيفات على تكوين الحلقات عند إضافة مترشح معقم لبيئة غذائية سائلة كانت تنمو فيها النيماتودا . ويعنـــى ذلك أن وجود النيماتودا فى البيئة يعمل على إفراز مركب أو مركبات تحث الفطر على تكوين أعضاء قنص النيماتودا .

ولقد تبع هذه المشاهدات دراسات أخرى ، أوضحت أن ظهور هذه الحلقات الفطرية على الهيفات ليس مرتبطا بوجود النيماتودا وإفرازاتها فقط ، بـــل إن بعـــض المـــواد المفرزة أو المتكونة فى بعض الأعضاء الحيوانية يمكنها أيضا حث الفطر على تكويـــن مصائده ؛ مثال ذلك سيرم دم الإنسان ومستخلص ديدان الأرض .

وقد اهتم كثير من الباحثين بدراسة بعض العوامل البيئية التى قد تؤثر فـــى تكويـــن المصائد النيماتودية على هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا ؛ حيث وجـــد أن إضافـــة هيفات الفطر على الثلج الذائب فى درجة حرارة الغرفة ، أو إلى ماء المطر يعمل على تشجيع الفطر لتكوين هذه المصائد .

ولقد فسر بعض الباحثين النتائج السابقة على أساس أن ماء المطر تذوب فيه بعض مركبات الأمونيوم وثانى أكســيد الكربون ؛ حيث يكونان معـــا كربونـــات أمونيـــوم ؛ والتى تعمل على حث هيفات الفطر على تكوين الحلقات الصائدة للنيماتودا .

وأيضا عند إضافة قطرات من محلول ١-٢٪ من كحول الإيثانول إلـــى النمـــوات الهيفية لهذه الفطريات ، فإن ذلك يدفعها إلى تكوين مصائد الفطر ، وكذلك الحال عنـــد إضافة قطرات من محلول ٠,١ عيارى من الصـــودا الكـــاوية (هيدروكسيد الصوديوم NaOH) المجهز فى الماء المقطر (رقم حموضتة ٧,٥ - ٧,٨) إلى نموات الفطر .

ولقد اقترح الباحثان Pramer & Stoll (1959) إطلاق المصطلح العلمـــى نيميـــن nemin للدلالة على المادة أو المواد التى تشجع الفطر على تكوين مصائده . ولقد وجد هذا المركب فى البيئة السائلة التى تنمو فيها النيماتودا *Neoaplectana glaseri* ؛ حيث شجعت هذه المادة هيفات الفطر *Arthrobotrys conoides* على تكوين شباكه الصائدة للنيماتودا .

ولا تتأثر مادة النيمين nemin بالحرارة ؛ حيث تظل فعالة حتى بعد غليانـــــها فـــى محلولها المائى عند ١٠٠ م لمدة ١٠ دقائق . ولقد وجد الباحثان Pramer & Kuyama (1963) أن المركب نيمين nemin عبارة عن ببتيد ذى وزن جزيئى منخفض نسبيا ، وقد يكون حمضا أمينيا . واختبر الباحثان ١٣ بروتينا و ٤٩ ببتيدا و ٢٧ حمضا أمينيا مختلفا ، ومع ذلك فشلت جميعها فى حث هيفات الفطر على تكوين الأعضاء الفطريـــة المتخصصة فى قنص النيماتودا .

وفى دراسة أخرى على الفطر *Arthrobotrys conoides* ، وجد الباحثان Wotton & Pramer (1966) أن مستخلص الخميرة يشجع هذا الفطر على تكويـــن أعضـــاء قنص النيماتودا . وعند استعمال طريقة الفصل الكرومـــاتوجرافى لتنقيـــة المركبـــات الموجودة فى مستخلص الخميرة ، وجد أن المادة الفعالة هى الأحماض الأمينية فـــالين Valine وليوسين Leucine وايسوليوسين Isoleucine . ومن هذه الأحماض الأمينيـــة، وجد أن الفالين Valine هو أكثر الأحماض الأمينية تأثيرا على حـــث هيفـــات الفطـــر لتكوين أعضاء اصطياد النيماتودا .

وفى بحث آخر ، وجد (1973) Nordbring-Hertz أن الفطـــر *Arthrobotrys oligospora* يمـــكن حثه عـــلي تـــكويـــن مصـــائده عـــن طريـــق إضافـــة بعـــض الأحماض الأمينية إلى نمواته الهيفية ، بينما أدت إضافة الببتيدات إلى تأثير أكثر فاعلية على حث الفطر .

وفى مثل هذه الدراسات ، يجب وضع مستوى المواد الغذائية المتاحة للفطر المتطفل على النيماتودا فى البيئة فى الحسبان ، كما يجب مراعاة اختلاف النتـــائج التـــى يتـــم الحصول عليها باختلاف نوع الفطر المتطفل على النيماتودا تحت الدراسة .

فعند إنماء أحد الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا باســتعمال بيئـــة الاجـــار المائى أو بيئة أجار دقيق الذرة المخففة ، لوحظ أن هيفات الفطر النامية علـــى ســـطح

الاجار لا يتكون عليها مصائد فطرية ، حتى لو أضيفت إلى البيئة الببتيد الثنائى فالين – فينيل الانين (Valine-Phenylalanine) .

وعلى العكس من ذلك ، وجد أنه عند إضافة الببتيد الثنائى السابق (فالين – فينيل الانين) إلى بيئة الاجار المائى أو بيئة اجار دقيق الذرة المخففة بالإضافة إلى بعض الأملاح المعدنية ، أو عند استعمال بيئة الأملاح المعدنية الصناعية المضاف إليها الببتيد الثنائى السابق ، تكونت على هيفات الفطر مصائد نيماتودية بوفرة .

وتفسر المشاهدات السابقة تكوين هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة لمصائدها ، عندما ينمو الفطر محللا المركبات البروتينية العضوية التى تفرز من جسم النيماتودا ، وأيضا عند تحلل الفرائس النيماتودية .

وفى دراسة قام بها (Feder et al , 1960) استخدم خلالها فرد واحد من نيماتودا ميتة مجففة تتبع النوع *Panagrellus redivivus* ، فإن ذلك حث هيفات الفطر المتطفل *Dactylella doedycoides* على تكوين مصائده ، وذلك عند وضع هذه البقايا الجافة للنيماتودا على بعد سنتيمتر واحد من هيفات الفطر ؛ وهذا يدل على أن المواد المشجعة على تكوين المصائد موجودة فى جسم النيماتودا ، وتنساب إلى الخارج بكميات قليلة .

ولقد ناقش (Feder et al (1963 النتائج السابقة ؛ حيث استطاع جسم جاف لفرد واحد من النيماتودا حث الفطر على تكوين المصائد على هيفاته ، فإن كمية المواد الفعالة فى محلول يحتوى على مليون نيماتودا تستطيع أن تحث هيفات الفطر على تكوين هذه المصائد إذا تم تخفيف هذا المحلول ؛ وعلى ذلك فإن المادة المشجعة nemin تتركز فى جسم النيماتودا نفسها كمادة أولية (endogonous nemin (EN .

وقد اختبرت مادة النيمين nemin على عديد من أنواع الجنس الفطرى *Dactylella*، ووجد أن هذه الأنواع تتباين فى مدى تأثرها بالمادة المختبرة ؛ فعلى سبيل المثال أمكن حث الفطر *D. cionopaga* على تكوين مصائد نيماتودية عند تخفيف $١٠^{-٦}$ من محلول النيمين (جزء واحد فى المليون) ، فى حين أن التركيزات الأعلى من ذلك لم تكن فعالة فى فطريات أخرى ؛ مثال ذلك الفطر *D. bembicodes* الذى لم يحث حتى تركيز $١٠^{-٢}$ (عشرة آلاف جزء فى المليون) والفطر *D. drechsleri* حتى تركيز $١٠^{-٣}$ من محلول النيمين (ألف جزء فى المليون) .

ولقد ساورت الشكوك بعض الباحثين فى أن تكون مادة النيمين nemin هى المـــادة الحقيقية المسئولة عن حث هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيمـــاتودا الحـــرة لتكوين تراكيب المصائد الفطرية ، ويرجع ذلك إلى أن الفطـــر *D. ellipsospora* لـــم يستجب لهذه المادة ، ولكنه تأثر بوجود النيماتودا الحية حول هيفاته وكـــون مصـــائده النيماتودية ، وبذلك يكون هناك عامل آخر مصدره النيماتودا الحية وليست مادة النيمين.

وفى دراسة أخرى ، وجد (Monoson et al, (1974 أن المادة التى تحـــث علـــى تكوين النيمين endogenous nemin – والتى تم استخلاصها من خمسة أنواع مختلفـــة من النيماتودا – استطاعت حث الفطر *Monacrosporium doedycoides* على تكوين مصائده . ووجد الباحثون أن هناك اختلافات كمية فى قدرة المـــادة المســـتخلصة مـــن النيماتودا المختلفة على إثارة الفطر ودفعه لتكوين أعضاء القنص .

ومن ناحية أخرى أظهرت نتائج البحث السابق أن دراسة تخليق الحمـــض النـــووى RNA أوضحت أن مادة ٦ميثيل بيورين 6-methyl purine يتم تثبيطها ؛ وهذا يعمـــل على خفض حث الفطر لتكوين مصائده nemin-induced trap formation ؛ مما يـــدل على أن مادة النيمين قد تكون فعالة على مستوى نسخ الشفرة الوراثية .

ولقد وجد – بعد ذلك – أن تكوين المصائد المرتبطة بمادة النيمين فى سلالتين مـــن الفطر *Arthrobotrys conoides* مرتبط بتركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيئة ؛ حيث ثبط تكوين هذه المصائد الفطرية عند تركيزات منخفضة منه . وأظهرت هذه الدراســـة أن إحدى سلالتى الفطر المخـــتبر دفـــعت ميسليومها إلى تـــكوين المصائد فى الجـــو العادى (٠,٣٪ ك أ٢) ، بينما أظهرت السلالة الثانية أفضل معدل لتكوين هذه المصائد عندما ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ ؛ وقد أثر ذلك على معـــدل توزيـــع السلالات الفطرية الفعالة فى اصطياد النيماتودا فى الطبيعة .

وعلى الرغم من الدراسات الكثيرة السابقة ، فإن حث هيفات الفطريـــات المتطفلـــة على النيماتودا الحرة على تكوين مصائدها لم يكن ضروريا فى عديـــد مـــن العـــزلات الفطرية المختبرة ؛ حيث تكونت هذه التركيبات الفطرية بصورة تلقائية على هيفات تلك الفطريات النامية بصورة نقية على بيئة الآجار فى المعمل .

وفى مثل هذه الحالات السابقة ، وجد أن العامل الذى ينبه الـــهيفات إلـــى تكويـــن المصائد قد يكون عاملا ميكانيكيا ؛ مثال ذلك أنه عند نمـــو هيفـــات الفطـــر المتطفـــل

Arthrobotrys dactyloides على بيئة الاجـار فى الأطـباق البتـرى ، فإن ملامسة هيفات الفطر لزجاج الطبق – عندما يمتلئ بالنموات الهيفية – يدفع هذه الهيفات لتكوين المصائد الفطرية .

ولكن هناك أبحاثا أخرى تتعارض نتائجها مع النتائج السابقة ؛ فعلى سـبيل المثـال وجد الباحثان Balan & Lechevalier (1972) أن تكوين هذه المصائد الفطرية فـى الفطر *A. dactyloides* يمكن حثه عن طريق توفير ظروف غـير مناسـبة للنمـوات الهيفية للفطر ؛ مثل نقص الغذاء أو الجفاف .

وبعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا تكون حلقاتها الصائدة للنيمـاتودا بعد فترة قصيرة من إنبات جراثيمها ؛ بصرف النظر عن وجود النيماتودا من عدمـه . فعلى سبيل المثال وجد Feder et al (1960) أن كونيديـات الفطـر *Dactylella doedycoides* تنتج حلقاتها الفطرية بصورة تلقائية خـلال ٤٨ سـاعة مـن إنبـات جراثيمها. وكـذلك تكون بعض كونيديات الفطريات المتطفلة علـى النيمـاتودا عقـدا لاصقة بعد إنباتها مباشرة ، وخاصة فى الكونيديـات الحساسـة لتضـاد الميكروبـات الأخرى الموجودة حولها فى التربة .

وفى حالات أخرى وجد أن نقص العناصر الغذائية – فى البيئة التى ينمـو عليـها الفطر المتطفل – يدفع هيفاته إلى تكوين المصائد ؛ فعلى سبيل المثال وجـد أن إنبـات كونيديات الفطر *Arthrobotrys anchonia* على طبقة رقيقة من الاجار المـائى أدت إلى إنبات هذه الكونيديات خلال ٢٤ ساعة ؛ منتجة هيفات تحمل ٣ – ٧ حلقات صائدة للنيماتودا ، بينما إنبات هذه الكونيديات على بيئة الاجار المغذى أدى إلى إنتاج هيفات لا تحمل حلقات صائدة .

حادى عشر : استخدام الفطريات فى المكافحة الحيوية للنيماتودا :

تنتشر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة فى الطبيعة ؛ سـواء فـى التربـة الزراعية أم على المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تتطفل هذه الفطريات على عديد مـن العوائل النيماتودية المختلفة .

ومن الطبيعى اعتبار هذه الفطريات المتطفلة عاملا هاما فـى المكافحـة الحيويـة للنيماتودا الضارة بالنبات ، وذلك منذ ٦٠ عاما مضت حتى الان . ولقد بدأت محاولات

استخدام هذه الفطريات المتطفلة فى مكافحة النيماتودا المتطفلة على النبات فى " هاواى" عن طريق Linford (1937) الذى لاحظ أن إضافة السماد الأخضر فى صورة أوراق الحشائش المقطعة يؤدى إلى تزايد أعداد النيماتودا الحرة ، ثم تتبعها زيادة فى نشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وتعمل هذه الفطريات المتطفلة على مهاجمة عشائر النيماتودا ؛ مما يؤدى إلى خفض أعدادها بدرجة كبيرة . ولا تهاجم هذه الفطريات النيماتودا الحرة فقط ، بل تهاجم أيضا النيماتودا المتطفلة على النبات ؛ مثل : *Heterodera marioni* المسببة لمرض تعقد الجذور فى الأناناس .

ولقد أوضح Linford & Yapp (1939) أن الحقن الصناعى للتربة المزروع فيها شجيرات الأناناس بالفطريات المتطفلة على النيماتودا – وخاصة الفطر *Monacrosporium ellipsosporum* – مع إضافة محسنات نمو عضوية ، أدى إلى خفض أعداد النيماتودا *H. marioni* ، وزيادة معتدلة فى نمو العائل النباتى .

كما وجد Goody et al., (1993) أنه يمكن مكافحة بعض النيماتودا الممرضة للنبات من الأجناس *Heterodera* و *Meloidogyne* حيويا تحت ظروف الصوبة أو فى الحقل وذلك باستعمال بعض الفطريات مثل *Arthobotrys oligospora* و *Gliocladium roseum* و *Paecilomyces lilacinus* و *Verticillium chlamydosporium* .

وقد أجريت بعض التجارب الأخرى بواسطة باحثين اخرين لدراسة المكافحة الحيوية للنيماتودا ؛ باستعمال بعض الفطريات المتطفلة عليها (Stirling, 1988) ؛ ويرجع السبب فى صعوبة الاعتماد على هذه الفطريات فى المكافحة الحيوية للنيماتودا إلى ثلاثة أسباب :

١ – من المعروف أنه من الصعب إدخال كائن حى إلى التربة يكون غير متأقلم على الحياة فيها ، وعلى مواجهة التنافس مع عشائر الكائنات الحية الأخرى الموجودة فى التربة بصورة طبيعية . وتتعرض جراثيم الفطريات المتطفلة خارجيا أو داخليا على النيماتودا – عند إضافتها إلى التربة – لبعض التأثيرات المثبطة ؛ وهذا يؤدى إلى فشل هذه الجراثيم فى الإنبات أو قد تتعرض أنابيب الإنبات الناتجة للتحلل (Giuma & Cooke, 1974) .

٢ – يجب أن تكون الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا قادرة على مهاجمتها فى الوقت الذى تتكاثر فيه هذه النيماتودا بسرعة ؛ حتى يكون لهذه الفطريات دور فعال فى الحد من تكاثرها وخفض حجم مستعمراتها .

٣ – هناك صعوبة فى الاحتفاظ بالعشيرة الفطرية المتطفلة على النيماتودا بصورة نشطة وفعالة طوال مدة نمو المحصول ، ولكن يتم اللجوء إلى إضافة السماد العضوى فى التربة لإطالة فترة نشاط هذه الفطريات المتطفلة ، وإن كان ذلك غير اقتصادى على مستوى الحقل .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن بعض النيماتودا المتطفلة على النبات تقوم بالحفر داخل الأنسجة النباتية لعوائلها ؛ بحيث تكون متعمقة داخلها ، وبعيدة عن متناول الفطريات المتطفلة عليها ، اللهم إلا فى الأطوار اليرقية والبالغة حرة التجوال فى التربة .

ويعتمد الفطر المستخدم فى المكافحة الحيوية للنيماتودا على معدل نموه السريع ، وعلى زيادة انتشاره فى التربة . وعلى الرغم من ذلك فلقد أظهرت نتائج دراسات أخرى أنه لا توجد علاقة بين سرعة نمو الفطر وقدرته على التطفل ومهاجمة النيماتودا والقضاء عليها .

وحتى يتم فهم طبيعة العلاقة المعقدة بين النبات العائل والنيماتودا الضارة به والفطريات المتطفلة عليها – وأيضا دور الكائنات الحية الدقيقة فى التربة التى تنافس نمو هذه الفطريات المتطفلة – فإن ذلك يحتاج إلى مزيد من الدراسات . ومازال الوقت مبكرا للاعتماد على الفطريات المتطفلة فى المكافحة الحيوية للنيماتودا الممرضة للنبات .

وعلى الرغم من هذه العلاقات الحيوية المعقدة بين النيماتودا الممرضة للنبات والفطريات المتطفلة عليها ، فإن هناك بعض الأمثلة الناجحة التى استخدمت فيها هذه الفطريات فى مكافحة النيماتودا الضارة بالنبات ؛ مثال ذلك : إنتاج تحضيرات تجارية من الفطر *Arthrobotrys superba* لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم *Meloidogyne* (Cayrol, 1983) ، كما أمكن مكافحة هذه النيماتودا حيويا باستعمال الفطر *Drechmeria coniospora* الذى يتطفل داخليا عليها (Jansson-Jeyapakash & Zuckerman, 1985) .

وبالإضافة إلى ذلك ، أمكن مكافحة النيماتودا الملوثة للكومبوست المستخدم فى زراعة عيش الغراب العادى حيويا ؛ وذلك باستخدام الفطر *Arthrobotrys* النامى على

حبوب الشوفان وإضافته إلى الكومبوست عند إضافة تقاوى عيش الغراب ؛ وذلك لمكافحة نيماتودا *Ditylenchus myceliophagus* التى تتغذى على هيفات فطريات عيش الغراب (Cayrol et al, 1978) .

ومن الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا – المستخدمة فى المكافحة الحيوية – الفطر *Dactylella oviparasitica* . ولقد وجد فى تجارب الصوب أن هذا الفطر يتطفل على الكتل الصغيرة من بيض النيماتودا المنتشرة على جذور شجيرات الخوخ صنف Lovell ، والتى تضعها نيماتودا *Meloidogyne* ؛ حيث يبلغ عدد البيض ٢٥٠ – ٤٠٠ بيضةٍ فى الكتلة الواحدة ، يتطفل عليها الفطر الممرض ويحللها .

ويختلف عدد البيض الذى تضعه النيماتودا *Meloidogyne* فى كل كتلةٍ باختلاف العائل النباتى ؛ حيث تضع هذه النيماتودا كتلاً أكبر من البيض على جذور شجيرات العنب ، يصل عدد البيض فيها إلى حوالى ١٥٠٠ بيضةٍ فى الكتلة الواحدة . ولا يستطيع الفطر المتطفل *D. oviparasitica* القضاء على جميع البيض فى هذه الحالة ، بل يظل حوالى نصفه على قيد الحياة ، ويفقس عن نيماتودا ممرضةٍ للنبات .

وعلى ذلك يلاحظ أن نفس الفطر المتطفل كان فعالاً على نفس النيماتودا الممرضة للنبات على جذور شجيرات الخوخ، بينما لا يمكن الاعتماد عليه فى المكافحة الحيوية لنفس النيماتودا على جذور شجيرات العنب ؛ مما يجعل الاعتماد على الفطريات المتطفلة على النيماتودا فى المكافحة الحيوية غير قابلٍ للتعميم ، بل تعتبر كل حالةٍ توصية مستقلة .

وفى دراسة أخرى (Ali, 1994) وجد أن الفطر *Paecilomyces lilacinus* ذو تأثير مثبط على فقس بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* فى مصر ، حيث وصلت نسبة التثبيط إلى ٩٧٪ ، بينما منع الفطر *Chaetomium spirale* إنبات ٥٨٪ من بيض هذه النيماتودا .

كما أوضحت الدراسة السابقة أن بعض فطريات التربة ذات تأثير قوى على خفض عدد النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis* التى تصيب القطن ، مثال ذلك الفطر *Acremonium strictum* الذى خفض عدد النيماتودا بنسبة ٧٠٪ ، والفطر *Chloridium* الذى أعطى نسبة انخفاض قدرها ٤١٪ من تعداد النيماتودا فى التربة تحت ظروف الصوبة الزراعية . كما أوضحت هذه الدراسة أن إضافة

هذه الفطريات إلى التربة قبل العدوى بالنيماتودا حقق كفاءة أكثر في مكافحة النيماتودا حيويًا .

وأظهرت دراسة أخرى (Ali & Barakat, 1994) إمكانية إستخدام أحد فطريات التربة – وهو *Trichoderma harzianum* – في المكافحة الحيوية لنيماتودا تعقد الجذور في مصر . ولقد وجد أن إضافة هذا الفطر إلى التربة أدى إلى انخفاض تعداد نيماتودا تعقد الجذور على نبات الطماطم ، كما انخفض معدل تكوين العقد الجذرية بدرجة كبيرة . ولقد صاحب ذلك انخفاض التأثير المرضي للفطريات الممرضة لجذور الطماطم ، مثل فطرى *Fusarium* و *Rhizoctonia* ، وبذلك زاد محصول الطماطم معنويًا .

ولقد استخدم (Ali (1995 الفطر *Chaetomium spirale* كوسيلة حيوية فعالة مكافحة النيماتودا الكلوية التي تصيب نباتات القطن في مصر ؛ وذلك تحت ظروف لصوبة الزراعية . ولقد تبين من النتائج المتحصل عليها أن هذا الفطر أدى إلى حفض تعداد النيماتودا بالتربة ، وكذلك إلى تقليل معدل اختراق النيماتودا لجذور لقطن بمعدل يتراوح بين ٩,٣ و ٢١,٠ ٪ .

ومن ناحية أخرى تلعب ميكروبات التربة دورا فعالاً في تثبيط إنبات جراثيم الفطريات المتطفلة على النيماتودا؛ فلقد وجد بعض الباحثين مواد قابلة للذوبان الانتشار في الماء في جميع أنواع الأراضي الزراعية التي تم اختبارها ، وهذه لمواد تعمل على تثبيط إنبات جراثيم عديدٍ من الفطريات الناقصة المتطفلة على لنيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ، والفطر *A. arthrobotryoides* ، و الفطر *Dactylella ellipsospora* .

وحيث إن كثيراً من الفطريات المتطفلة على النيماتودا لا تستطيع منافسة ميكروبات التربة الأخرى ، فإن هذه الفطريات لا تنمو مترممة إلا في أضيق الحدود . وعادةً ما تثبُتُ جراثيم هذه الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ مكونة مصايد على أنبوب الإنبات مباشرة ؛ متحولة من الطور الترممي إلى التطفل على نيماتودا التربة الحرة في قصر وقت ممكن .

ومن أمثلة الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا – والتي تكون أعضاء اصطياد لنيماتودا على أنبوب إنبات جراثيمها – الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ؛ الذي

يكوّن حلقة ضاغطة واحدة على الجرثومة مباشرة ، والفطر *A. arthrobotryoides* الذى يكوّن أنبوب إنباتٍ قصيراً لاصقاً .

وفى فطرياتٍ أخرى – مثل *A. conoides* – تتكون أعضاء قنص النيماتودا فى وجود العائل النيماتودى الذى يفرز مواد مشجعة على تكوين المصائد الفطرية ؛ وهى مادة النيمين nemin ؛ حيث تنبت جراثيم هذا الفطر مكونة براعم لاصقة . وفى الفطر *Dactylaria* تنبت جراثيمه عندما تلامس جليد العائل النيماتودى ؛ مكونة عقدة لاصقة من طرف الجرثومة أو من طرفيها .

ولقد درس (Cooke & Satchuthananthava (1968 مدى حساسية الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا للتثبيط بفعل فطريات التربة mycostasis ، حيث اختبر فى هذه الدراسة ٥٠ فطراً من الفطريات المنتشرة فى التربة . ولقد أظهرت النتائج أن جميع الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا – فيما عدا الفطر *Arthrobotrys musiformis* – التى تم اختبارها كانت حساسة وقابلة للتثبيط ؛ حيث اختلفت درجة التثبيط من فطر إلى آخر .

ومن ناحية أخرى ، لم يؤدّ نجاح الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا فى الإنبات إلى نجاحها فى تكوين هيفاتٍ فطريةٍ مترممةٍ تعمل على تثبيت وجود الفطر المتطفل فى التربة فى جميع الحالات .

كما أنه من الصعب زيادة أعداد العشيرة الفطرية لمثل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا خارجيًا عن طريق إضافة معلق من الجراثيم فى التربة الزراعية ؛ وبالتالى فإن المحاولات التى أجريت لاستخدام هذه الجراثيم فى المكافحة الحيوية لم تنجح النجاح المتوقع .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد (Olthof & Estey (1966 أن قدرة الفطر *Arthrobotrys oligospora* على التطفل الخارجى على النيماتودا تزداد عند إنمائه فى المعمل على بيئةٍ تحتوى على دكستروز ونترات الأمونيوم . ويحدث هذا السلوك – أيضاً – عند نمو هذا الفطر فى التربة المعقمة ؛ حيث أدى إلى انخفاض إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne hapla* .

وعلى ذلك ، فإنه من المحتمل أن تعمل إضافة السماد الأخضر إلى التربة الزراعية الطبيعية على إنتاج مواد غذائيةٍ كافيةٍ لحث نشاط الفطريات المتطفلة

خارجيًا على النيماتودا ، بصرف النظر عن تأثير هذا السماد المباشر على العشائر النيماتودية نفسها.

وينشأ عن إضافة السماد الأخضر زيادة أعداد أحياء التربة الدقيقة بصفة عامة ؛ مثل البكتيريا التى تتغذى عليها النيماتودا الحرة ؛ فتزداد عشائرها ، وتكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة ، وكذلك المتطفلة على النبات ؛ فيقلل ذلك من أعدادها . ويعتبر هذا الأسلوب من التوازن الطبيعى بين هذه الكائنات الحية وبعضها هو الحل المناسب لمكافحة النيماتودا الممرضة للنبات حيويًا .

ثانى عشر : التوكسينات النيماتودية Nematotoxins :

لوحظ أن بعض أفراد النيماتودا النامية فى الطبيعة تكون مصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ مثل الفطر *Stylopaga hadra* ؛ حيث تنمو هيفات الفطر غير المقسمة داخل جسم النيماتودا المصابة دون أن يؤدى ذلك إلى موتها موتًا سريعًا .

وكذلك الحال عند إصابة مثل هذه النيماتودا بالفطر *Gonimochaete horridula* التابع لطائفة الفطريات البيضية ؛ حيث تظل النيماتودا المصابة نشيطة ، وتستمر فى الحركة والتغذية على الرغم من أن هيفات الفطر تملأ أكثر من نصف فراغ الجسم ، وتموت النيماتودا بعد ذلك موتًا بطيئًا .

ويختلف الحال عند إصابة العوائل النيماتودية بأحد الفطريات الراقية المتطفلة ذات الميسليوم المقسم . فعلى سبيل المثال يصيب الفطر *Arthrobotrys oligospora* النيماتودا الحرة مسببًا موتها خلال فترةٍ قصيرةٍ نسبيًا من العدوى ؛ أقصر مما هو متوقع بالنسبة لمعدل نمو هيفات الفطر الممرض داخل جسم النيماتودا المصابة .

ولقد درس Shepherd (1955) مراحل اختراق الفطر *A. oligospora* لجليد النيماتودا ؛ حيث لاحظ أن الفطر يكوّن مثانة عدوى infection bulb (post-penetration vesicle) بعد اختراق وتد العدوى infection peg لجليد العائل النيماتودى . وتبلغ هذه المثانة أقصى حجم لها بعد حوالى ٤٥ دقيقة من بداية تكوينها .

وتثبط حركة النيماتودا المصابة بعد اختراق وتد العدوى لجليد النيماتودا مباشرة ، ثم تتوقف النيماتودا المصابة عن الحركة كلية بعد حوالى ساعةٍ من تكوين الممص

haustorium . وتدل هذه النتائج على أن الفطريات الراقية المتطفلة علـــى النيمـــاتودا تفرز مواد سامة تشل بها حركة النيماتودا ثم تقتلها ، سواء أثناء العدوى ، أم بعد ذلـــك بفترة قصيرة .

وقد درس الباحثان Balan & Gerber (1972) حالات عدم النشاط التـــى تظـــهر على بعض الفرائس النيماتودية بعد إصابتها بالفطريات المتطفلة خارجيا ؛ مثل الفطـــر *Arthrobotrys dectyloides* الذى يكون حلقات ضاغطة يصطاد بـــها ضحايـــاه مـــن النيماتودا الحرة ؛ مثل *Panagrellus redivivus* .

وعند إضافة مترشّح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر *A. dectyloides* إلى سطح بيئة الآجار التى تنمو عليها النيماتودا السابقة ، تسبب ذلك فى حدوث شلل دائـــم غـــير عكسى ، ثم موت هذه النيماتودا خلال ٢٤-٤٨ ساعة من المعاملـــة . وعنـــد تحليـــل مكونات مترشح البيئة السابقة ، وجد أن العامل المؤثر على نشاط هذه النيمـــاتودا هـــو الأمونيا .

ويعقب شلل الفريسة ، مهاجمة هيفات الفطر لجسم النيماتودا ؛ حيث شوهدت هيفات لفطر الماصة للغذاء assimilative hyphae داخل جسم النيماتودا الميتة خلال الأربـــع والعشرين ساعة الأولى من العدوى . ويتم انتقال بروتوبلازم هـــذه الـــهيفات الباصـــة للغذاء إلى هيفات الفطر النامية خارج الفريـــسة ؛ لاســـتمرار النمـــو الميســـليومى ، وتكوين الجراثيم وأعضاء قنص ضحايا جديدة .

ولقد وجد أن تركيز ٢٥٠ ميكروجرام أمونيا / ملليتر بيئة كاف لقتل نيمـــاتودا *P. redivivus* فى خلال نصف ساعة وذلك تحت ظروف المعمل . وعلى الرغم مـــن أن لفطر المتطفل يمكنه إنتاج كمية من الأمـــونيا أكثر من ذلك خلال نموه فى الطبيعـــة ، لا أن ذلك لا يكون فعالا فى التأثير على فرائسه النيماتـــودية فى بعـــض الحـــالات ، ذلك لتداخل عوامل بيئية أخرى .

وهناك نظرية تفترض أن الحلقات الضاغطة التى تكونها بعض الفطريات المتطفلـــة خارجيا على النيماتودا الحـــرة تفرز أمونيا ، تنساب إلى جسم فريستها ، وتسبب فـــى شل حركتها خلال ساعة أو أقل . ومن أمثلة هذه الفطريـــات المتطفلـــة : الفطـــر *A. dactyloides* الذى يفرز مواد سامة (توكسينات) فى جسم ضحاياه مـــن النيمـــاتودا الحرة ، بينما تخلو مترشحات الفطر النامى منفردا من هذه المواد السامة .

وفى دراسة للفطر *A. oligospora* الذى يتطفل خارجيًا على النيماتودا *Rhabditis* بتكوين شباكٍ هيفيةٍ ، وجد أن مستخلص الفطر النامى على بيئة مستخلص الخميرة – والذى سبق تعقيمه – ليس له تأثير على النيماتودا ، كما وجد أن المترشحات المعقمة من مستخلصات النيماتودا لا تؤثر على الفطر المتطفل .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن وضع نيماتودا حيةٍ فى مترشحٍ ناتجٍ من نيماتودا مصابةٍ بالفطر الممرض ، أدى إلى فقد هذه النيماتودا الحية لنشاطها وإصابتها بالشلل ، وهذا يؤكد وجود مواد سامةٍ مُفرزةٍ من الفطر المتطفل داخل أنسجة العائل النيماتودى المصاب به .

وتدل النتائج السابقة على أن هيفات الفطر *A. oligospora* لا تنتج توكسيناً يضر بالعائل النيماتودى إذا نمت هذه الهيفات فى بيئةٍ عاديةٍ مثل بيئة مستخلص المولت ، دون وجود النيماتودا . بينما تؤدى مهاجمة هيفات الفطر المعدية infective hyphae للعائل النيماتودى إلى إنتاج هذه التوكسينات .

وهناك احتمال لأن تُفرز التراكيب الفطرية المختلفة – الخاصة باقتناص النيماتودا – مواد سامة (توكسينات) تعمل على شلل الفريسة وإضعاف مقاومتها ؛ حيث إن هناك دراساتٍ تدل على أن الشباك الفطرية اللاصقة التى تكونها بعض الأنواع التابعة للجنس *Arthrobotrys* تفرز توكسيناً يؤثر على فرائسه من النيماتودا الحرة ، إلا أن ذلك مازال يحتاج إلى مزيدٍ من الدراسة .

وفى بحثٍ آخر ، تمت دراسة التفاعل الحيوى بين النيماتودا المتغذية على الفطريات *Aphelenchus avenae* وخمسة أنواع من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Arthrobotrys oligospora* المكوّن للشباك اللاصقة adhesive nets، والفطر *A. anchonia* المكون للحلقات المنقبضة constricting rings .

ولقد دلت نتائج الدراسة السابقة على أن نمو هيفات الفطريات تحت الدراسة – على بيئة آجار دقيق الذرة – لم يتأثر بوجود النيماتودا ، ولكن بعدما استكمل الفطر نموه وغطت هيفاته سطح بيئة الآجار ، هاجمت النيماتودا هيفات الفطر للتغذية عليها . وبناءً على ذلك فإن النيماتودا المتغذية على هيفات الفطريات قد تكون مؤثرةً على تواجد الفطريات المتطفلة على النيماتودا نفسها ؛ وذلك فى الطبيعة ، عندما تقل المادة العضوية فى التربة .

وفى دراسةٍ للباحثين Giuma & Cooke (1971) وُجد أن بعض الفطريات تفـــرر توكسينات تضر بالنشاط الحيوى للنيماتودا الحرة ؛ مثال ذلك : الفطر *Nematoctonus haptocladus* والفطر *N. concurrens* . فعندمـــا تتلامـــس النيمـــاتودا مـــن النـــوع *Aphelenchus avenae* مع التراكيب اللاصقة للفطرين السابقين ، فإنها تفقـــد قدرتـــها على الحركة ، وتموت قبل ظهور أية علامةٍ تدل على اختراق هيفات الفطر للجليد .

وعادة ما يظهر ذلك التأثير الضار على العائل النيماتودى خـــلال ٢٤ ســـاعة مـــن العدوى ؛ حيث تصاب النيماتودا بالشلل . وتستمر النيماتودا فى حركتها بعد العـــدوى ؛ ملتصقة بها التـــراكيب الفطرية اللاصقة حتى تخور قواها ، ويصيبها الوهن ، وتكـــف عن الحركة ، حينئـــذ تهاجم هيفات الفطر الممرض جسم الضحية ، وتحللـــها متغذيـــة عليها .

ولقد درس Giuma et al (1973) طبيعة هذا التوكسين ؛ حيث وجـــد أنـــه ثـــابت حراريًا ، وهو عبارة عن سكر معقدٍ polysaccharide . وعند تجهيز مستخلص مـــن ميسليوم الفطر خارجى التطفل على النيماتودا ، وأيضاً مستخلصٍ من البيئة الغذائية التى ينمو عليها ، وجد أن كلا المستخلصين له تأثير سام على نشاط النيماتودا .

ويتميز هذا التوكسين المفرز من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا بأنه فعال على عديدٍ من العوائل النيماتودية ، وقـــد يؤثر على عديدٍ من الكائنات الحيـــة الدقيقـــة الأخرى التى تنمو داخل القناة الهضمية لفرائس هذا الفطـــر ؛ بحيث يثبط نشاط هـــذه الكائنات ويستأثر هو بالتغذية على فريسته .

ولا يمكن القـــول إن جميـــع الأنـــواع التابعـــة للجنـــس *Nematoctonus* مفـــرزة للتوكسينات؛ فلا يوجد دليل على أن الفطـــر *N. leiosporus* ذو تـــأثير ســـامٍ علـــى النيماتودا الحرة التى يهاجمها .

ومن ناحيةٍ أخرى ، لوحظ أن إناث بعض أنواع النيماتودا الحاملة للبيـــض عندمـــا تصل إلى مرحلة الشيخوخة فإن البيض يفقس داخل جسمها ، وتظهر يرقات النيمـــاتودا متغذية على محتويات جسم الأم . ويظهر هذا الســـلوك - أيضـــا - عندمـــا تهـــاجم الفطريات الداخلية التطفل جسم أنثى النيماتودا حاملةٍ للبيـــض فـــى مرحلـــة مـــا قبـــل الشيخوخة ، فإن وجود الفطر المتطفل يدفع البيض إلـــى الفقـــس مبـــكرا ، وتظـــهر اليرقات التى تشارك الفطر المتطفل فى التغذية على جسم الأم من الداخل .

وعلى العكس من ذلك ، إذا هاجم فطر متطفل خارجيًا جسم أنثى النيماتودا الحاملة للبيض ، فلا يؤدى ذلك إلى الفقس المبكر للبيض ، ولكن يتوقف هذا البيض عن استكمال نموه ونضجه ؛ وذلك بفعل نواتج التمثيل الغذائى لهيفات الفطر المتطفل ، والذى يهاجم البيض نفسه بعد ذلك .

وباستمرار دراسة إناث النيماتودا الحاملة للبيض – والتى تُهاجم ببعض الفطريات المتطفلة – فإنه من الممكن معرفة أىّ من هذه الفطريات يفرز التوكسينات ؛ وذلك من خلال مراقبة سلوك البيض الموجود داخل الإناث المصابة بهذه الفطريات .

ثالث عشر : المضادات الحيوية Antibiotics :

تتنافس الفطريات مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة تحت الظروف الطبيعية للتربة على الموارد الغذائية المحدودة بها . ولكى يستطيع الفطر أن ينافس غيره من أجل البقاء ، فلا سبيل أمامه إلا أن يطور من نفسه ، ويزيد من كفاءته وقدراته ، ويسبق غيره من الكائنات الحية الأخرى التى تشاركه بيئته ؛ مما يضمن له التفوق والاستمرار .

وفى الحقيقة ، فإن الفطريات لم تدخر جهداً ولم تعدم وسيلة لتحقيق التفوق على منافسيها ، ولكن اختلفت الوسائل التى اتبعتها الأنواع المختلفة من الفطريات ، بينما ظل هدفها واحداً ؛ وهو التفوق من أجل البقاء .

واستطاعت بعض الفطريات بلوغ هذا التفوق عن طريق التخصص فى النمو على بعض المواد صعبة التحلل كالسيليلوز واللجنين ، أو عن طريق تحمل تركيزاتٍ عاليةٍ من ثانى أكسيد الكربون أو التركيز المنخفض من الأكسوجين ، أو الإسراع من معدل النمو ، أو إنتاج بعض المواد السامة (التوكسينات Toxins) التى تثبط نمو غيرها من الكائنات الحية من حولها .

ولقد اعتمد الفطر على واحدٍ أو أكثر من العوامل السابقة لكى يجد لنفسه موطىء قدم ، ويبقى على قيد الحياة وسط عالم من الأحياء الدقيقة المتنافسة التى تعيش فى التربة يحكمها قانون الغاب ... البقاء للأقوى .

ولقد طورت مجموعة الفطريات المتطفلة على النيماتودا من نفسها ؛ لكى تضمن حصولها على احتياجاتها الغذائية بطريقتها الخاصة ؛ فهى تنتشر فى كل مكانٍ توجد فيه

النيماتودا الحرة ، التى تعتمد فى تغذيتها على المواد العضوية المتحللة ومستعمرات البكتيريا وهيفات الفطريات وجراثيمها . ولقد بلغ تطور هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا مداه ؛ حيث وضعت لفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المادة العضوية المتحلله فخاخاً قاتلة ، ومصائد عبقرية ؛ إذا نجت النيماتودا من واحدةٍ ، سقطت فى الثانية .

فلقد وضع الفطر داخلى التطفل جراثيمه فى التربة فى الطرق التى تسكلها النيماتودا ، بحيث تكون فى متناولها ؛ فلا تجد هذه النيماتودا الغافلة حرجاً فى ابتلاع هذه الجراثيم . وتتعلق هذه الجراثيم فى عضلات المرئ ، ثم تنبت مخترقة جسم النيماتودا من الداخل ، محللة أحشاءها ، ومتغذية على أنسجتها ، ثم تموت الفريسة بعد فترةٍ وجيزةٍ .

وحيث إن النيماتودا تبتلع كثيراً من الأحياء الدقيقة أثناء تغذيتها - مثل الفطريات والبكتيريا - فإن موت الفريسة يجعلها مشاعاً للتغذية عليها ، حيث يتنافس مع الفطر المتطفل بقية الأحياء الدقيقة الأخرى الموجودة فى القناة الهضمية للنيماتودا الميتة .

ولكن الدراسات العلمية أثبتت عكس ذلك ؛ ففى النيماتودا التى تصاب بالفطرين *Arthrobotrys* و *Harposporium* ، لوحظ أن قليلاً جدًّا من البكتيريا أو الفطريات هى التى تستطيع النمو داخل القناة الهضمية للنيماتودا الميتة متنافسة مع الفطريات المتطفلة داخليًّا عليها .

ولقد فسر الباحثون ذلك بأن خلايا وجراثيم الفطريات والبكتيريا التى ابتلعتها النيماتودا أثناء تغذيتها تأثرت بالعصارة الهضمية للنيماتودا ؛ مما أفقدها حيويتها نتيجة هضمها . بعكس الحال فى جراثيم الفطريات الممرض للنيماتودا والمتطفلة داخليًّا عليها؛ فهى تقاوم العصارات الهضمية ، بل وتنبت مكونة هيفات عدوى تخترق أنسجة النيماتودا وتحللها .

ومن ناحيةٍ أخرى ، فلقد أثبتت الأبحاث الحديثة أن هذه الفطريات - ذات التطفل الداخلى على النيماتودا - تفرز بعض المضادات الحيوية antibiotics ، تعمل على تثبيط نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى الموجودة فى القناة الهضمية للنيماتودا الميتة ؛ وبذلك ينفرد الفطر المتطفل بمائدته ؛ مستأثراً بفريسته دون غيره من الأحياء الدقيقة الأخرى .

ولا يقتصر إنتاج المضادات الحيوية على الفطريات الداخلية التطفل ، بل يشاركها في ذلك كثير من الفطريات الخارجية التطفل . فلقد وجد أنه عند إنماء الفطر *Harposporium* والفطر *Meria* بصورة نقية على بيئة غذائية فى المعمل ، ثم غمر الطبق البترى بمعلق يحتوى على الكائنات الحية الدقيقة المراد اختبارها ، كون الفطر المتطفل مضادات حيوية فى البيئة التى ينمو عليها ؛ حيث ظهرت مناطق رائقة حول مستعمراته الفطرية (هالات التثبيط zones of inhibition) تدل على وقف نمو هذه الأحياء الدقيقة .

وتم قياس قطر هالات التثبيط ؛ وذلك لمعرفة مدى حساسية فطريات التربة المختبرة للمضادات الحيوية المفرزة من الفطريات المتطفلة على النيماتودا . ولقد أوضحت النتائج المتحصل عليها أن عزلات الجنس *Verticillium* لم تتأثر بهذه المضادات الحيوية المفرزة من الفطر المتطفل ، بعكس الحال فى عزلات الجنس *Paecilomyces* التى كانت حساسة لهذه المضادات الحيوية .

وعلى الرغم من أن الفطريات *Harposporium anguillulae* و *Meria coniospora* متطفلات داخلية على النيماتودا ، فبعض سلالات الجنس *Harposporium* تنتج مضادات حيوية أقل من تلك التى تنتجها سلالات الفطر *Meria*.

وعند تطفل الفطر *Meria coniospora* داخليا على النيماتودا ، فإنه يفرز مضادات حيوية تثبط نمو الكائنات الحية الدقيقة الموجودة داخل جسم فريسته ، بل إن الأمر يتعدى ذلك ؛ حيث تنساب تلك المضادات الحيوية خارجة من خلال جليد النيماتودا الميتة إلى البيئة الخارجية ، مثبطة نمو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى حول جسم الفريسة ، والتى قد تسول لها نفسها مشاركة الفطر المتطفل لغذائه .

وفى بعض الأحيان ، تتعرض النيماتودا لهجوم فطرين متطفلين عليها فى نفس الوقت ، ويختلف سلوك هذين الفطرين ومنافسة كل منهما للآخر تبعا لنوعيهما . ففى بعض الحالات لا يظهر بين الفطرين أى تنافس ، وتنمو هيفات كل منهما داخل جسم النيماتودا دون أن يتضادا ، ثم تتكون الأطوار الجرثومية لكل فطر بحالة طبيعية .

إلا أنه فى حالات كثيرة أخرى ، لوحظ تنافس شديد بين تلك الفطريات المتطفلة على الفريسة النيماتودية . فعلى سبيل المثال ، لوحظ أن الأكياس الأسبورانجية التى تحتوى على الجراثيم السابحة zoosporangia للجنس *Catenaria* تتوقف عن النمو

أثناء وجودها داخل العائل النيماتودى ؛ وذلك فى وجود بعـــض الفطريـــات المتطفلـــة الأخرى مثل الجنس *Harposporium* .

وبعد فترةٍ قصيرةٍ ، يتحلل بروتوبلازم هذه الأكياس الأسبورانجية ، وتصبح فارغة؛ مما يؤدى إلى تثبيط تكوين الجراثيم السابحة للفطر *Catenaria* . وعلى الـرغم مـــن أن الفطر *Harposporium* قد ثبط تكوين الجراثيم السابحة للفطر *Catenaria* ، إلا أنه لم يشاهد تطفل هيفات الأول واختــراقها للأكياس الأسبورانجية للفطر الثانى ؛ وهـــذا يدل على أن الفطر *Harposporium* يفرز مضاداتٍ حيويـــة توقـف نشـــاط الفطـــر *Catenaria* مؤثرةً على دورة حياته .

رابع عشر : الجاذبات الكيمائية Chemical attractants :

يفترض الباحثون أن الفطريات المتطفلة على النيماتودا تفرز مواد كيميائيـــة تعمـــل على جذب النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللـــة إلـــى هيفاتها التى تحمل تراكيب المصائـــد القانصة للنيماتـــودا فـــى الفطريـــات المتطفلـــة خارجيًّا ، وإلى جراثيم الفطريات فى الأنواع المتطفلة داخليًّا .

وفى تجربةٍ على الفطر *Harposporium helicoides* وجد Barron (1970) أن النيماتودا *Rhabditis* لا تستطيع هضم جراثيم الفطر المتطفل ؛ حيث تبتلع النيمـــاتودا الواحدة أحياناً أكثر من ١٠٠ جرثومةٍ فى خلال ساعاتٍ قليلةٍ .

ولقد دُرس سلوكُ النيماتودا الحرة ومدى قابليتها للانجذاب ناحية جراثيم الفطريـــات المتطفلة داخليًّا عليها بالمقارنة بجراثيم فطريات التربة الأخرى غير المتطفلة . وتم ذلك عن طريق بعثرة جـــراثيم هـــذه الفطريات على سطح البيئة ومراقبة حركة النيماتودا .

وأظهرت نتائج هذه الدراسة أن هناك مواد كيمائية موجودةً علـــى ســـطح جراثيـــم الفطريات المتطفلة داخلياً على النيماتودا ، جعلت هذه الجراثيم أكثر جاذبية للنيمـــاتودا الحرة عن غيرها من جراثيم فطريات التربة الأخرى ؛ مما أدى إلى هجرة النيمـــاتودا إليها وابتلاع أعداد كبيرةٍ منها .

وكذلك الحال فى الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا ؛ مثـــال ذلـــك : الفطـــر *Rhopalomyces elegans* . فلقد لوحظ أنه عند إنبات كونيديات هذا الفطر ، فإنها تنتج شبكة كثيفة من الهيفات الرفيعة المتفرعة التى لا يزيد قطر هيفاتها علـــى ميكرونيـــن .

وعند وضع النيماتودا الأنثى بيضة بالقــرب من هذه الشبكة الهيفية ، تتكــون فــروع هيفية تتجه ناحية البيضة النيماتــودية وتحيط بها من كل جـــانب ، مكونــة أعضـــاء التصاق على غلافها .

وقد أظهرت الدراسة السابقة أن هذه الفروع الهيفية لا تتكون إلا عند وجود بيضـــة النيماتودا ؛ وذلك نتيجة وجود مواد كيمائية تنساب من البيضة إلى البيئة من حولـــها ، فتحث هيفات الفطر على تكوين هذه الفروع الدقيقة .

ومن المحتمل أن يكون هناك أكثر من مادةٍ كيمائيةٍ مفرزة من بيض النيماتودا ، قــد تسببت إحداها فى تكوين الفروع الهيفية الدقيقة ، بينما تؤدى الأخرى إلى تحديد اتجـــاه نمو الفرع الهيفى ناحية وجود البيض . وقد تكون هناك مادة ثالثة تعمل على انتفاخ قمة الفرع الهيفى عند ملامسته لغلاف البيضة مكوناً عضو التصاق .

وفى الفطريات الأخرى المتطفلة داخليًا على النيماتودا ، والتى تكوّن جراثيم هدبية ؛ مثال ذلك : الفطر *Catenaria anguillulae* ؛ تميل هذه الجراثيم إلى السباحة باحثـــة عن العائل النيماتودى ؛ منجذبة إلى فتحات الجســم الطبيعيــة ، ثــم تفقــد أهدابـــها ، وتتحوصل ملتصقة بجليد العائل .

ولقد لاحظ الباحثان Sayre & Keeley (1969) أن هذه الفطريات تهاجم النيماتودا البالغة أكثر من مهاجمتها للأطــوار اليرقية ، وربما يرجع ذلك إلى أن فتحات الجســم فى النيماتودا البالغة تسمح بخروج كمياتٍ أكبر من المواد الكيمائية الجاذبـــة للجراثيــم الهدبية السابحة ؛ حيث تعمل هذه المواد على تعديل مسار هذه الجراثيم وجذبـــها إلـــى فتحات جسم النيماتودا ؛ مثل : الفم ، والشرج ، والفتحات التناسلية .

ومن ناحيةٍ أخرى ، أثبت الباحثان Monoson & Ranieri (1972) أن حركـــة النيماتودا *Aphelenchus avenae* حول المصائد التى يكونها الفطـــر *Arthrobotrys musiformis* ليست حركة عشوائية . وتوصل الباحثان إلى أن هذه النيماتودا تنجـــذب إلى التراكيب الصائدة للفطر المتطفل خارجيًا عليها .

ولقد حاول الباحثان اختبار ذلك عن طريق استخدام مستخلصاتٍ من الفطر الســـابق تحتوى على مواد جاذبةٍ للنيماتــودا nematode-attracting substance (NAS) . وأوضحت نتائج هذه الدراسة أن مستخلص هيفات الفطر *A. musiformis* التى تحمـــل المصائد الفطرية يحتوى على مادة جاذبة للنيماتودا .

ولكن يؤخذ على الدراسة السابقة أن الباحثَيْن استخدما نيماتودا متغذية – أساسـا – على الهيفات الفطرية فى الطبيعة ؛ وبذلك فقد تكون النتائج المتحصل عليها مضللـة ؛ حيث إن انجذاب هذه النيماتودا إلى مستخلص هيفات الفطر هو أمـر طبيعـى نتيجـة عاداتها الغذائية وليس إلى وجود مواد كيمائية جاذبة .

وفى دراسة أخرى (Monoson et al. 1973) ، قارن الباحثون بين عديـد مـن المستخلصات الفطرية لفطريات تربة غير متطفلة على النيمـاتودا مـع المسـتخلص الفطرى لهيفات الفطر المتطفل *A. musiformis* التى سبقت دراسته .

وأظهرت نتائج هذه الدراسة انجذاب نيماتودا *Aphelenchus avenae* إلى هيفـات الفطر المتطفل *A. musiformis* المكونة للمصائـد الشبكية أكثر مـن انجذابـها إلـى هيفات الفطريات الأخرى تحت الدراسة ؛ مما يؤكد دور المصائد الفطرية فـى إفـراز مواد كيمائية تجذب فرائسها من النيماتودا الحرة إليها .

كما درس الباحثان Balan & Gerber (1972) انجذاب النيماتودا *Panagrellus redivivus* إلى هيفات الفطر المتطفل خارجيًا عليـها *Arthrobotrys dactyloides* ، الذى يكوّن حلقات ضاغطة على هيفاته . وأوضحت النتائج أن هذه النيماتودا تنجـذب إلى مترشح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر المتطفل لمدة أربعة أيام ، وكـان هـذا الانجذاب أكثر ٦ مرات من البيئة الخالية من النمو الفطرى .

وتدل أبحاث أخرى على أن تركيـز ثـانى أكسيد الكربون يلعب دوراً هاماً فـى جذب النيماتودا الحرة (Nicholas, 1975) . ففـى النظم الطبيعية ، تنمـو هيفـات الفطر *Arthrobotrys* متفرقة ؛ حاملة شباكها اللاصـقة لاصـطياد النيماتودا الحـرة المتجولة حولها . ولكن عندما تنمو العشائر البكتيرية النشطـة فى نفس هذه المنـاطق التى تنمو فيها هيفات الفطر المتطفلة ، فإنها تنتج كمية عاليـة مـن ثـانى أكسـيد الكربون ؛ وهذا ينبه النيماتودا إلى وجود تلك العشائر البكتيرية التى تتغـذى عليـها . وعندما تتجه النيماتودا إلى هذا المصدر الغذائى ، تقع فريسة فى شباك الفطر المتطفـل القاتلة .

ولقد درس (Klink et al, 1970) آلية بحث الفطر المتطفل عـن ضحايـاه مـن النيماتودا الممرضة للنبات مثل *Neotylenchus linofordi* ؛ حيث وجد أن النيمـاتودا تتجمع حول المستعمرات الفطرية أو مترشحات ميسليوم الفطريات المختبرة .

وأظهرت نتائج الدراســـة الســـابقة أن المترشحـــات الناتجـــة عـــن نمـــو الفطـــر *Gliocladium roseum* هى أكثر المترشحات فعالية فى جذب النيماتودا إليـــها ، وتـــم التعرف على المادة الفعالة ؛ وهى عبارة عن جزيئات ذات وزن جزئى صغـــير ثابتـــة حراريا .

خامس عشر : تخصص الفطريات المتطفلة على عوائلها النيماتودية :

تهاجم الفطريات المتطفلة على النيماتودا عديداً من الأنواع المختلفة مـــن النيمـــاتود الحرة وكذلك النيماتودا الممرضة للنبات ، وإن كانت الدراسات التى أجريت على هـــذا الموضوع توضح تفضيل بعض الفطريات المتطفلة لأنواع معينة من النيمـــاتودا عـــن غيرها .

فعلى سبيل المثال ، يهاجم الفطر *Harposporium diceraeum* النيماتودا *Plectus parvus* ، بينما يهاجم الفطر *H. baculiforme* أنواعاً أخـــرى محـــددة مـــن الجنـــس *Plectus* .

ويتخصص الفطر *Nematoctonus leptoporus* فى مهاجمة أنـــواع معينـــة مـــن النيماتودا التابعة للجنس *Bunonema* ، بينما يهاجم الفطر *N. pachysporus* النيماتودا *Rhabditis monhystera* . وعلى العكس من ذلك ، يـــهاجم الفطـــر *N. leiosporus* أجناساً عديدةً من النيماتودا .

ولقد اهتم كثير من الباحثين بدراسة المدى العوائلى النيمـــاتودى لتلـــك الفطريـــات المتطفلة عليها ؛ حيث وجد Birchfield (1960) أن الفطر *Catenaria vermicola* ذو مدى عوائلى نيماتودى عريض ؛ حيث يهاجم أحد عشـــر نوعـــاً مـــن النيمـــاتودا الممرضة للنبات ، كما وجد أن النيماتودا الحلقية من الفصيلة Criconematidae أكـــثر قابلية للعدوى بهذا الفطر من غيرها من النيماتودا .

وهكذا الحال فى الفطر *Catenaria anguillulae* الذى يهاجم عديداً مـــن العوائـــل النيماتودية ؛ حيث وجد الباحثان Esser & Rindings (1973) أن هناك ثلاثة عشـــر جنساً مـــن النيماتـــودا قابلة للعـــدوى بالفطر السابق ، بينما هناك أحـــد عشر جنســـاً مقاوماً .

وتدل النتائج المتحصل عليها من البحث السابق ، على أن هذا الفطر المتطفل غـــير

متخصص فى إصابة النيماتودا فقط ، بل إن بعض أنواعه تصيب عديداً من حيوانـــات التربة الدقيقة الأخرى ؛ مثل : الحلم ، وبعض يرقات الحشرات .

ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد الباحثان (1969) Sayre & Keeley أن النيماتودا البالغة تكون أكثر قابلية للعدوى بالفطر *Catenaria anguillulae* مـــن أطوارهـــا اليرقيـــة . وأرجع الباحثان ذلك إلى أن النيماتودا البالغة تكون أجسامها واســـعة الفتحـــات ؛ ممـــا يسمح بخـــروج إفرازات ومواد كيمائيةٍ جاذبةٍ للفطر الممرض ، الذى يحدث العـــدوى بها .

وفى دراساتٍ أخرى مقارنةٍ ، وجد أن النيماتودا *Panagrellus redivivus* أكـــثر قابلية للعدوى من النيماتودا *Ditylenchus dipsaci* . وقد يرجع ذلـــك إلـــى اختـــلاف المواد المفرزة من الناحية الكيمائية وتأثير ذلك على الفطر الممرض .

وتعتبر الفطريات داخلية التطفل – أيضاً – عريضة فى المدى العوائلى النيماتودى. وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الفطريات – شأنها فى ذلك شـــأن الفطريـــات المتطفلـــة الأخرى – تتكون فى التربة من عديدٍ من السلالات التى تختلف فيما بينها فى طبيعـــة مهاجمة العائل النيماتودى .

وتستطيع نسبة عالية من هذه المتطفلات الداخلية مهاجمة النيمـــاتودا *R. terricola* التى تستعمل – عادةً – كطعم لاصطياد هذه الفطريات المتطفلة مـــن التربـــة وعزلـــها بصورةٍ نقيةٍ . ويمكن عزل سلالات الفطريات الداخلية التطفل المتخصصة فى إصابـــة النيماتودا *R. terricola* ؛ وذلك بصورةٍ نقيةٍ ؛ بعيداً عن العشائر الميكروبية الأخـــرى النامية فى التربة .

وكذلك الحال فى الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ، فإننا نجـــد أن بعـــض الأنواع الفطرية المكونة لمصائد نيماتودية تكون غير متخصصةٍ فى اصطياد أجنـــاس معينةٍ من النيماتودا ؛ كما هى الحال فى الفطريات المكونة للحلقات المنقبضـــة وغـــير المنقبضة .

ففى حالة الفطريات المكونة للحلقات المنقبضة ، نجد أن آلية الانقباض تكون نتيجة لعاملٍ منبهٍ ؛ حيث يمكن لهذه الحلقات أن تقفل على قضيب زجاجىّ رفيع إذا نبهت إلى ذلك . وهذا يوضح أن آلية الانقباض غير متخصصةٍ فى قنص نيماتودا معينةٍ ، بـــل تقوم باصطياد أى نيماتودا تمر بداخلها وتحتك بجدار الحلقة الداخلى ، بل إنـــه – فـــى

فى بعـض الحـالات – تقوم هذه الحلقات باصطياد بعض حيوانات التربة الصغـيرة وتقتلها .

ولقد لوحظ أنه فى حالة اصطياد حلقات الفطر المنقبضة لأحـد حيوانـات التربـة الصغيرة ، أن هيفات الفطر المتطفل لا تنمو داخلها ، وقد يعزى ذلك إلى عدم مناسـبة هذه الفرائس كغذاءٍ لهذه الفطريات المتطفلة .

وفى حالاتٍ أخرى ، قد يلاحظ عدم قدرة الفطر المتطفل على إنماء هيفاته المتغذية بكثافةٍ داخل جسم بعض العوائل النيماتودية التى تم اصطيادها . وربما يرجع ذلك إلـى وجود جهاز مناعىّ فى أنسجة بعض النيماتودا يمنع انتشار هيفات الفطـر داخلـها ، ولكن مازال هذا الموضوع يحتاج إلى مزيدٍ من البحث والدراسة .

وبصفةٍ عامةٍ ، يلاحظ أن أعضاء الالتصـاق adhesive organs التـى تكونـها الفطريات المتطفلة خارجيًّا على النيماتودا لا تظهر تمييزاً معيناً فى اختيار ضحاياها من النيماتودا الحرة التى تتجول بالقرب منها ، بالإضافة إلى أن بعض النيماتودا لا تتـأثر بشباك بعض الفطريات المتطفلة ، وهذا يجعل دراسة هذا الموضوع مجالاً خصباً لمزيدٍ من البحث .

سادس عشر - المراجع References :

Ali, A. H. H. (1994) . Studies on some fungal nematode antagonists in relation to nematode egg hatching and reproduction. Egyp. J. Biol. Pest Control 4(1) : 57-65 .

Ali, A. H. H. (1995) . *Chaetomium spirale* , a potential fungus as a biocontrol agent for the reniform nematode on cotton. Egyp. J. of Biocontrol Pest Control, 5(1) : 55 - 60 .

Ali, A. H. H. and M. I. E. Barakat (1994) . Utilization of *Trichoderma harzianum* as a biological agent against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Egypt. J. Biol. Pest Control. 4(1) : 67 - 77 .

Ayen, E. and G. Lysek (1986) . Endoparasutic nematode destroying fungi in sandy soil of beech wood in Berlin. Microbiology Ecology. 38 : 397 - 400 .

Balan, J. and N. Gerber (1972) . Attraction and killing of the nematode *Panagrellus redivivus* by the predaceous fungus *Arthrobotrys dactyloides* . Nematoloica 18 : 163 - 173

Balan, J. and H. A. Lechevalier (1972) . The predaceous fungus : *Arthrobotrys dactyloides*. induction of trap formation . Mycologia 64 : 919 - 922 .

Barron. G. L. (1969) . Isolation and maintenance of endoparasitic nematophagous hyphomycetes. Can. J. Bot. 47 : 1899 - 1902.

Barron. G. L. (1970) . Nematophagus Hyphomycete: Observations on *Harposporium helicoides*. Can. J. Bot. 48 : 329 - 331.

Barron. G. L. (1977) . Nematophagus fungi. a new *Harposporium* parasitic on *Prismatolaimus*. Can. J. Bot. 55 : 892 - 895 .

Barron. G. L. (1992) . Ligninolytic and cellulolytic fungi as predators and parasites in The Fungal community : Its Organisation and Role in the Ecosystem. 2nd ed . (G. C. Caroll and D. T. Wicklow) . New York. pp. 311 - 326 .

Barron. G. L. and J. G. Percy (1975) . Nematophagous fungi : a new species of *Myzocytium* . Can. J. Bot. 53 : 1306 - 1309 .

Barron. G. L. and R. G. Thorn (1987) . Destruction of nematodes by species of *Pleurotus* . Can J. Bot. 65 : 774 - 778.

Capstick. C. K. ; D. C. Twinn and J. S. Wid (1957) . Predation of Natural populations of free-living nematodes by fungi. Nematologica 2 : 193 - 201 .

Cayrol. J. C. (1983) . Lutte biologique contre les *Meloidogyne* au moyen d' *Arthrobotrys irregularis* - Revue Nematologique. 6 : 265 - 273 .

Cayrol. J. C. . J. P. Frankowski and A. Laniece (1978) . Contre les Nematodes en champignonniere - Mise au point d'une methode de lutte biologiue a l'aide d'un Hyphomycete predateur : *Arthrobotrys robusta* souche Antipolis (Royal 300) . Pepinieristes. Horticulturs. Maraichers Revue Horticole. 184 : 23 - 30 .

Commandon. J. and P. de Fonbrune (1939) . De la formation et du fonctionnement des Pieges des champignons predateurs des nematodes. Recherches effectuecs a l'aide de la micromanipulation et de la cinematographie. C. R. Acad . Sci . Paris 207 : 304 - 305 .

Cooke. R. C. (1961) . Agar disk method for the direct observation of nematode - trapping fungi in the soil. Nature 191 : 1411 - 1412 .

Cooke. R. C. (1962 a) . The ecology of nematode - trapping fungi in the soil. Ann. Appl - Biol . 50 : 507 - 513 .

Cooke. R. C. (1962 b) . The behaviour of nematode - trapping fungi during the decomposition of organic matter in the soil . Trans. Brit. mycol. Soc. 45 : 314 - 320.

Cooke. R. C. (1963 a) . The predaceous activity of nematode - trapping fungi added to soil. Ann. Appl. Biol. 51 : 295 - 299 .

Cooke. R. C. (1963 b) . Ecological characteristics of nematode - trapping hyphomycetes. I. Preliminary studies. Ann. Appl. Biol. 52 : 431 - 437 .

Cook. R. C. (1964) . Ecoloical characteristics of nematode - trapping hyphomycetes II. Germination of conidia in soil. Ann. Appl. Biol. 54 : 375 - 379 .

Cooke. R. C. (1968) . Relationships between nematode - destroying fungi and soil-borne phytonematodes. Phytopathology. 58 : 909 - 913 .

Cooke. R. C. and B. E. S. Godfrey (1964) . A key to the nematode-destroying fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. 47 : 61 - 74 .

Cooke. R. C. and V. Satchuthananthava (1968) . Sensitivity to mycostasis of nematode-trapping Hyphomycetes. Trans. Brit. mycol. Soc. 51 ; 555 - 561 .

Couch. J. N. (1937) . The formation and operation of the traps in the nematode-catching fungus. *Dactylella bembicodes* . Jour. Elisha Mitchell Sci. Soc. 53 : 301 - 309 .

Dackman. C. and B. Nordbring-Hertz (1992) . Conidial traps. a new survival structure of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* . Mycological Research . 96 : 194 - 198 .

Dackman. C. : H. B. Jansson and B. Nordbring - Hertz (1992) . Nematophagous fungi and their activities in soil. in Soil Biochemistry. Vol. 7 (eds. G. Stotzky and J. M. Bollag) . Marcel Dekker. New York pp. 95 - 130 .

Dackman. C. ; S. Olsson and H. B. Jansson (1987) . Quantification of predatory and endoparasitic nematophagous fungi in soil . Microbial Ecology. 13 : 89 - 93 .

Davidson. J. G. N. and G. L. Barron (1973) . Nematophagous fungi : *Meristacrum* . Can. J. Bot. 51 : 231 - 233 .

Dix. N. J. and J. Webester (1995) . fungal Ecology. X. Nematophagous fungi. Chapman & Hall. England. pp. 284 - 301 .

Drechsler. C. (1933) . Morphological diversity among fungi capturing and destryoing nematodes . Jour. Wash. Acad. Sci. 23 : 138 - 141 .

Drechsler. C. (1934) . Organs of capture in some fungi preying on nematodes. Mycologia 26 : 135 - 144 .

Drechsler. C. (1937). Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. Mycologia 29 : 447 - 552 .

Drechsler. C. (1941) . Some hyphomycetes parasitic on free-living terricolous nematods. Phytopathology 31 : 773 - 801 .

Drechsler. C. (1946). A species of *Harposporium* invading its nematode host through the stoma . Bull Torrey bot. Cl. 73 : 557 - 564 .

Drechsler. C. (1950). Several species of *Dactylella* and *Dactylaria* that capture free-living nematodes. Mycologia 42 : 1 - 79 .

Duddington. C. L. (1955) . Notes on the technique of handling predaceous fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. 38 : 97 - 103 .

Ellis. J. (1963). A study of *Rhopalomyces elegans* in pure cnlture.Mycologia 55 : 183 - 198 .

Eren. J. and D. Pramer (1965) . The most probable number of nematode-trapping fungi in soil. Soil Science. 99 : 285 .

Esser. R. P. and W. H. Ridings (1973) . Pathogenicity of selected nematodes by *Catenaria anguillulae*. Soil. Crop. Sci-Soc. (Florida) 33 : 60 - 64 .

Feder. W. A. ; C. O. R. Everard and C. L. Duddington (1960) . Heterocaryotic nature of ring formation in the predaceous fungus *Dactylella doedycoides*. Science. 31 : 922 - 924 .

Feder. W. A. ; C. O. R. Everard and L. M. O. Wooton (1963) . Sensitivity of several species of the nematophagous fungus *Dactylella* to a morphogenic substance derived from free living nematodes. Nematologica. 9 : 49 - 54 .

Fresenius (1852) . Beitrage zur Mycologia. Heft 1-2 pp. 1-80 .

Giuma. A. Y. and R. C. Cooke (1971) . Nematoxin production by *Nematoctonus haptocladus* and *N. concurrens* Trans Brit - mycol. Soc. 56 : 89 - 94 .

Giuma. A. Y. and R. C. Cooke (1972) . Some endozoic parasites on soil nematodes. Trans. Brit-mycol. Soc. 59 : 213 - 218 .

Giuma. A. Y. and R. C. Cooke (1974) . Potential of *Nematoctonus* conidia for biological control of soil-borne phytonematodes. Soil Biology and Biochemistry, 6 : 217 : 220 .

Goody. G. ; R. Rodriguez-Kabana and G. Morgan-Jones (1993) . Fungal parasites of *Meloidogyne arenaria* eggs in an Alabama soil. A mycological survey and greenhouse studies. Nematropica. 13 : 201 - 207 .

Guima. A. Y. ; A. M. Hackett and R. C. Cooke (1973) . Thermostable nematotoxins produced by germinating conidia of some endozoic fungi Trans. Brit-mycol. Soc. 60 : 49 : - 56 .

Gray. N. F. (1983) . Ecology of nematophagous fungi distribution and habitat. Ann. Appl. Biol. 102 : 501 - 509 .

Gray. N. F. (1985) . Ecology of nematophagous fungi. effect of soil moisture. organic matter. pH and nematode density on distribution. Soil Biology and Biochemistry. 17 : 499 - 507 .

Gray. N. F. (1988) . Fungi attaeking vermiform nematodes. in Diseases of Nematodes II. (eds G. O. Poinar and H. B. Jansson) CRC Press. Boca Raton. Fl., pp3 - 37.

Gray, N. F. and F, Bailey (1985) . Ecology of nematophagous fungi : vertical distribution in a deciduons wood land. Plant and Soil. 86 : 217 - 223 .

Jansson. H. B. ; A. Jeyaprakash and B. M. Zuckerman (1985) . control of root-knot nematodes on tomato by the endoparasitic fungus *Meria coniospora*. J. Nematology, 17 : 327 - 329 .

Jansson. H. B. and B. Nordbring-Hertz (1979) . Attraction of nematodes to living mycelium of nematophagous fungi. Journal of General Microbiology. 112 : 89 - 93.

Jansson. H. B. and B. Nordbring-Hertz (1983) . The endoparasitic fungus *Meria coniospora* infects nematodes specifically at the chemosensory organs J. General Microbiology.. 129 : 1121 - 1126 .

Jansson. H. B. and B. Nordbring-Hertz (1984) . Involvement of sialic acid in nematode chemotaxis and infection by an endoparasitic nematophagous fungus. J. General Microbiology. 130 : 39 - 43 .

Jansson, H. B. (1982) . Attraction of nematodes to endoparasitic nematophagous fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. 79 : 25 - 29 .

Kliejunas, J. T. and W. H. Ko (1975) . A technique for direct observation of nematode trapping by fungi in soil. Mycologia, 67 : 420 - 423 .

Klink, J. W. ; V. H. Dropkin and J. E. Mitchell (1970) . Studies on the host - finding mechanisms of *Neotylenchus linfordi*. J. Nematology 2 : 106 - 117 .

Linford, M. B. (1937) . Stimulated activity of natural enemies of nemato. Science, 85 : 123 - 124 .

Linford, M. B. and F. Yapp (1939) . Root - knot nematode injury restricted by a fungus. Phytopathology 29 : 596 - 609 .

Liou, J. Y. and S. S. Tzean (1992) . Stephanocysts as nematode - trapping and infecting propagules - Mycologia, 84 : 786 - 790 .

Liou, J. Y. ; G. Y. Liou and S. S. Tzean (1995) . *Dactylella formosana*, a new nematode - trapping fungus from Taiwan. Mycol. Res. 99(6) : 751 - 755 .

Mankau, R. (1975) . A semiquantitative method for enumerating and observing parasites and predators of soil nematodes. J. Nematology, 7 : 119 - 122 .

Monoson, H. L. and G. M. Ranieri (1972) . Nematode atttraction by an extract of a predaceous fungus. Mycologia, 64 : 628 - 631 .

Monoson, H. L. ; A. G. Galsky ; J. A. Griffin and E. J. Mc-Grath (1973) . Evidence for and partial characterization of nematode - attraction substance. Mycologia 65 : 78 - 86 .

Monoson, H. L. ; A. G. Galsky and R. S. Stephano (1974) . Studies on the ability of various nematodes to induce trap formation in a nematode - trapping fungus *Monacrosporium doedycoides*. Nematologica 20 : 96 - 102 .

Muller, H. G. (1958) . The constricting ring mechanism of two predacious hyphomycetes. Trans. Brit. mycol. Soc. 41 : 341 - 364 .

Nicholas, W. L. (1975) . The biology of fee-living nematodes. Clarendon Press, Oxford .

Nordbring-Hertz, B. (1972) . Scanning microscopy of the nematode - trapping organs in *Arthrobotrys oligospora*. Physiol. Plant. 26 : 279 - 284 .

Nordbring-Hertz, B. (1973) . Peptide-induced morphogenesis in the nematode - trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* . Physiol. Plant, 29 : 223 - 233 .

Nordbring-Hertz, B. and H. B. Jansson (1984) . Fungal development, predacity, and recognition of prey in nematode-destroying fungi, in Current Perspectives in Microbial Ecology, (eds M. J. Klug and C. A. Reddy), American Society for Microbiology, Washington, pp. 327 - 333.

Olthof, T. H. A. and R. H. Estey (1963) . A nematoxin produced by the nematophagous fungus *Arthrobotrys oligospora* Fresenius. Natwre 197 : 514 - 515.

Olthof, T. H. A. and R. H. Estey (1966) . Carbon and nitrogen levels of a medium in relation to growth and nematophagous activity of *Arthrobotrys oligospora* Fresenius. Nature 209 : 1158 .

Persson. Y. ; M. Veenhuis and B. Nordbring-Hertz (1985) . Morphogenesis and significance of hyphal coiling by nematode - trapping fungi in mycoparasitic relationships. FEMS Microbiology Ecology. 31 : 283 - 291 .

Pramer. D. and S. Kuyama (1963) . Symposium on biochemical basses of morphogenesis in fungi. II Nemin and the nematode - trapping fungi. Bact. Rev. 27 : 282 - 292 .

Pramer. D. and N. R. Stoll (1959) . Nemin : a morphogenic substance causing trap formation by predaceous fungi. Science 129 : 966 - 967 .

Rudek. W. T. (1975) . The comstriction of the trapping rings in *Dactylaria brochopaga*. Mycopathologia 53 : 193 - 197 .

Saxena. G. and N. Mittal (1995) . Trap formation by conidia of nematode - trapping *Monacrosporium* spp. Mycol. Res. 99(7) : 839 - 840 .

Sayre. R. M. and L. S. Keeley (1969) . Factors influencing *Catenaria anguillulae* infections in a free - living and a plant-parastic nematode. Nematologica. 15 : 492 - 502 .

Shepherd. A. M. (1955) . Formation of the infection bulb in *Arthrobotrys oligospora* Freschius. Nature 175 : 475 .

Stirling. G. R. (1988) . Biological control of plant parasitic nematodes. in Diseases of Nematodes. vol. II (eds G. O. Poinar and H. B. Jansson) . Press, Boca. Raton. Fl.

Stirling. G. R. : M. V. Mc-Henry and R. Mankaw (1979) . Biological control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on peach. Phytopathology. 69 : 806 - 809 .

Tribe. H. T. (1957) . Ecology of micro organisms in soil observed during their development upon buried cellulose Film. in Microbial Ecology. (eds R. E. O. Williams and C. C. Spicer) . 7th Symposium. Society for General Microbiology. pp. 287 - 298 .

Woronin. M. (1870) . *Sphaeria lemneae*. *Sordaria coprophile* . *Arthrobotrys oligospora* . In Bettr. Morph. Abhandl. Senckenbeglsche naturf, Ges. 7: 325 - 360

Wotton. L. M. O. and D. Pramer (1966) . Valine - induced morphogenesis in *Arthrobotrys conoides* - Bacteriol. Proc. P. 75 .

Wyborn. C. H. E. : D. Priest and C. L. Duddington (1969) . Selective technique for the determination of nematophagous fungi in soil. Soil Biology and Biochemistry. 1 : 101 - 102 .

Zopf. W. (1888) . Zur Kenntnis der Infektions-Krankheit neiderer Thiere und Pflanzen. Nova Acta. Lep. Carol. 52 : 314 - 376 .

الباب التاسع



الفطريات والحشرات

الباب التاسع
الفطريات المشاركة لحياة الحشرات
Fungi Partnerships with Insects

أولاً : الفطريات المتبادلة للمنفعة مع الحشرات :

تحمل كل حشرة معها مجتمعاً مصغراً من الأحياء الدقيقة، بعضها يُحمل لفترةٍ فى سفر قصير ، بينما يعيش البعض الآخر فى علاقةٍ وطيدةٍ داخل عائله الحشرى أو خارجه .

وحيث إن الفطريات قد نشأت على الأرض قبل ظهور الحشرات بوقتٍ طويل ، فلا عجب أن تقوم الحشرات البدائية – فى مستهل حياتها – بالبحث عن طعامها وسط المخلفات النباتية المتعفنة بفعل الفطريات ؛ مما دفع هذه الحشرات إلى ابتلاع ميسليوم وجراثيم أنواع عديدةٍ من الفطريات ، هُضم بعضها داخل قناتها الهضمية ، واستقر البعض الاخر دون أن يسبب لها أدنى ضرر . وبمرور الوقت كوّنت هذه الفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى – كالبكتيريا – نوعاً من المشاركة المفيدة ، مكنت – من خلالها – عائلها الحشرى من الاستفادة من الأطعمة الناقصة القيمة الغذائية .

وتعتبر الفطريات طعاماً مفضلاً لبعض يرقات الحشرات ثنائية الأجنحة – خاصة تلك الأنواع التابعة لفصيلة Mycetophilidae – حيث يطلق على مثل هذه اليرقات اسم ملتهمات الفطريات mycetophagous . وتظهر هذه العادة الغذائية فى بعض الحشرات التابعة لرتبة الحشرات الغمدية الأجنحة ، بينما تمثل الفطريات جزءًا من طعام كثير من الحشرات الأخرى مثل تلك التى تعيش على الروث .

وتنتمى الحشرات أكلة الفطريات إلى الحشرات الراقية عادة ، والتى تختلف

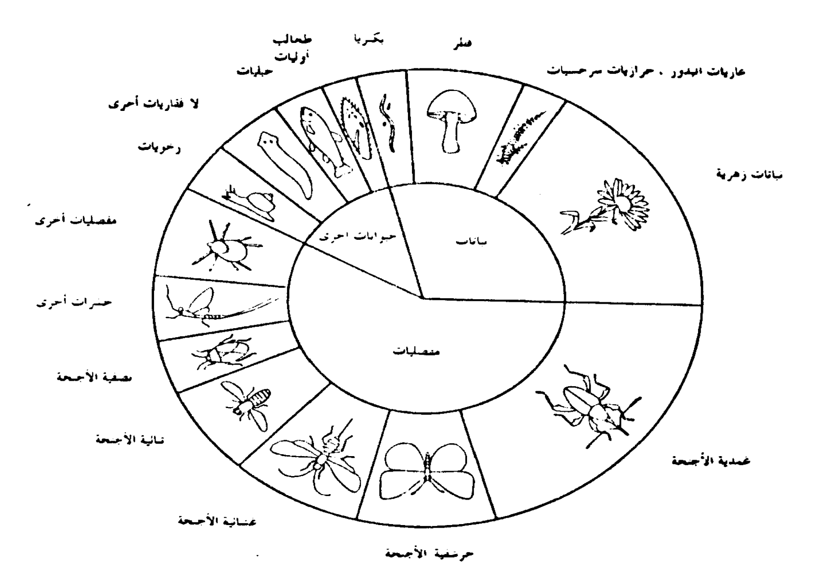
يرقاتها عن الحشرات الكاملة فى طبيعة تغذيتها . فعلى سبيل المثال تعتبر المادة العضوية المتعفنة هى المصدر الرئيسى لغذاء كثير من اليرقات التابعة لرتبتى ثنائية الأجنحة وغمدية الأجنحة ، حيث تشكل النموات الفطرية جزءًا أساسياً وهاماً من مكونات طعام هذه الحشرات .

وعند دراسة طبيعة الحشرات وسلوكها ، فإننا نتوقع أن عديداً منها يكون علاقات مشاركة مع الفطريات ؛ ففى الوقت الذى تنمو فيه المستعمرات الفطرية ثابتة فى مكانها ، تتحرك معظم الحشرات حركة دائمة وسريعة ، وهذا يسمح لبعض الفطريات بالانتقال إلى عوائل جديدةٍ وبيئاتٍ مختلفةٍ ، قد تكون أكثر مناسبة لهذه الفطريات ؛ فيزداد نموها وتكاثرها ؛ مما قد يسبب حدوث كوارث وأوبئة لا حصر لها .

وتعيش كل من الفطريات والحشرات فى علاقاتٍ تكافليةٍ متنوعةٍ symbiotic relationships ، تتباين فيها التفاعلات المفيدة والضارة ؛ فقد تعيش المعاشرات symbionts مستفيدةً من عائلٍ ما host دون أن تضره ، فإذا ما أصيب هذا العائل بضررٍ ما ، أصبح هذا المعاشر ممرضاً pathogen .

ولا تقف الحشرات مكتوفة الأيدى أمام غزو الميكروبات الممرضة – ومنها الفطريات – بل تقوم خلايا الدم الدفاعية للحشرات بابتلاع المسببات الصغرى ، وكبسلة الكبيرة منها . وفى الوقت الذى لا تنتج فيه الحشرات أية مضاداتٍ حيويةٍ ضد الميكروبات الممرضة ، فإنها تعتمد على بعض الخمائر الفطرية المذيبة والموجودة فى أمعائها ، وأيضاً على الأجسام الدهنية والدم فى تدمير هذه الميكروبات الممرضة بفعل التفاعلات الإنزيمية .

ويطلق على طبيعة العلاقة بين الكائنات الحية التى تعيش معاً فى بيئة واحدة ولا تسبب ضرراً لبعضها أسم " زمالة " ، بينما تسمى الكائنات التى تتبادل المنفعة فيما بينها mutualistic relationships بالمعاشرات أو المكافلات symbionts . وتقسم هذه العلاقة إلى معاشراتٍ خارجيةٍ ectosymbionts ؛ حيث تكون المعاشرات موجودةً خارج جسم الحشرة ؛ مثل ما يعرف باسم " حدائق الفطريات الحشرية " ، فى حين أن المعاشرات الداخلية endosymbionts هى ميكروبات تبادلية المنفعة ، تحتمى داخل جسم الحشرة .



شكل (٩ – ١) : الأعداد النسبية للفطريات والحشرات فى الطبيعة (كل درجة تساوى ٤٢٠٠ نوع) .

ويرجع اعتماد بعض الحشرات على المعاشرات الفطرية إلى أن غذاء هذه الحشرات يفتقر إلى بعض المكونات الأساسية ؛ فمثلا السوائل الوعائية فى كل من النباتات الراقية والخشب تعتبر غذاء ناقصا بالنسبة إلى الحشرات ؛ مما أجبر الحشرات المتغذية على الأخشاب إلى الاعتماد على المعاشرات الخارجية ؛ مثل الفطريات المزروعة فى جحور هذه الحشرات ، أو على المعاشرات الداخلية ؛ مثل الخمائر yeasts الموجودة فى أمعاء بعض إناث الخنافس ، وبعض الناخرات ذات القرون الطويلة.

وعادة ما تشق الميكروبات طريقها إلى جسم الحشرة عن طريق الفم كجزء من الطعام ، وليس من العجيب أن نجد معظم المعاشرات الداخلية مازالت مستقرة فى أمعاء الحشرات بعد أن طورت من نفسها لتستطيع الحياة داخلها . وتنتقل هذه المعاشرات بين

أفـــراد الحشرات من جيلٍ إلى اخر عن طريق البلع ، أما الحشرات التـــى ليـــس لـــها أجيال متداخلة ، فإنها تعـــدى بيضها بالميكـــروب المتعاشـــر معها ، وذلـــك بـــالتبرز عليه ، وبعد الفقس تلتهم اليـــرقات أو الحوريات قشر البيض الملـــوث بـــالميكروب ، فينتقل إليها .

وقد تتحور أمعاء العائل الحشرى لتلائم وجود المعاشر الداخلى ، فـــالمعى الخلفـــى لبعض خنافس الجعال يتسع للغاية كغرفةٍ للتخمر (شكل ٩ - ٢) ، والغرف الجانبيـــة الشبيهة بالأنابيب الأعورية من المميزات الخاصة فى الحشرات المختلفة تبعـــاً لنـــوع المعاشرات الداخلية التى تستقر بها ؛ وعلى ذلك فإن وجـــود هذه المعاشرات الداخليـــة فى الأنابيب الأعورية يقلل من فقـــدها بالتبرز ، ويسمح لها بالتواجـــد لوقـــتٍ أطـــول للتأثير على الطعام ، ولزيادة امتصاص الحشرة للمركبات الغذائية الناتجة من التمثيـــل الغذائى للفطريات .

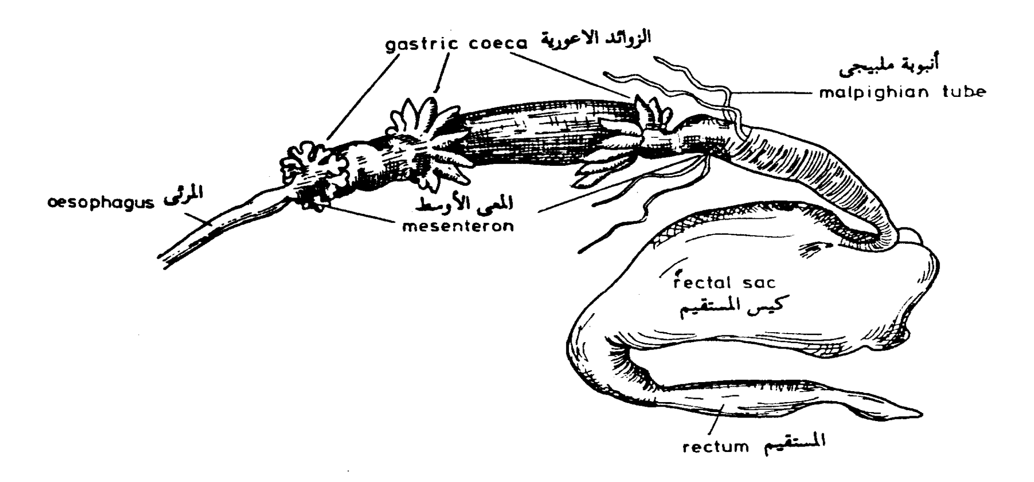
ويطلق على الخلايا التى تحتوى على الفطريات والخمائـــــر فـــى أنـــابيب القنـــاة الهضمية الأعـــورية ، وفى أنابيب ملبيجـــى malpighian tubules اســـم " الخلايـــا الفطرية Mycetocytes " ؛ مثال ذلك وجود الفطريات فى أمعاء الخنافـــس ذات الرأس المستدير Cerambycidae ، والخنافس التابعة لفصيلة Anobiidae .

ويمكن أن تكون هذه الخلايا جزءًا من النسيج الطلائى ، أو قد تتجمع فى صـــورة أعضاءٍ مميزةٍ فى تجويف الفم ، ويطلق على كلٍ منها - حينئـــذٍ - اســـم " الجســـم الفطرى mycetome " ، كما فى الحشرات نصفية الأجنحة Hemiptera وغير متجانسة الأجنحة Heteroptera .

ويختلف مكان وجود مثل هذه التراكيب الفطرية فى جسم الحشرة تبعـــاً لنوعـــها ، فخنافس الأمبروسيا تحمل فطرياتها فى حوافظ فطريـــة فى تجويـــف الـــرأس ، بينمـــا يحتفظ النمل قاطـــع الأوراق بفطرياته فى جيوب تحت فكية ، والنمـــل الأبيـــض فـــى أمعائه الخلفية ، وخنافس القلف فى جيـــوب خاصة بالأمعاء الوســـطى ، أمـــا دبـــور الخشب فهو يحتفظ بفطرياته فى حافظة فطرية بين عقل الجسم .

ويمكن أن تتواجد الخلايا الفطرية والأجسام الفطرية المحتوية على أنواع مختلفةٍ من المعاشرات الفطرية فى أماكن مختلفةٍ داخل الحشرة الواحدة ، وقد توجد هذه المعاشرات فى الدم ، ولكنها أكثر شيوعاً فى الجسم الدهنى كما فى الصراصير المنزلية . ولـــهذه

التراكيب الفضل فى استمرار تتابع أجيال الحشرة بنجاح ، وخاصة عندما يكون الغذاء الطبيعى للحشرة غير متوازن من الناحية الغذائية أو غير مستديم .



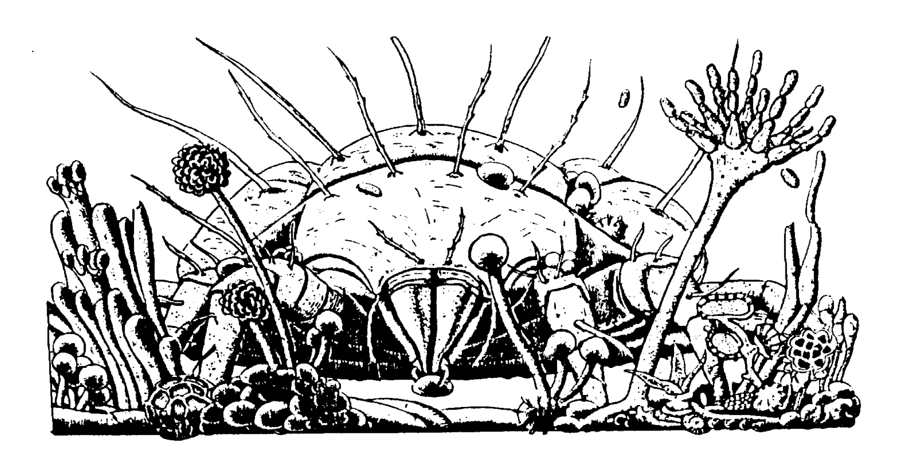
شكل (٩ - ٢) : القناة الهضمية فى يرقة من فصيلة الجعال (غمدية الأجنحة) .

وعلى سبيل المثال ، تتغذى الحشرات نصفية الأجنحة على امتصاص عصارة النبات ؛ وهو غذاء فقير فى محتواه النتروجينى ، وقليل الفيتامينات ؛ وعندما توجد بعض المعاشرات الفطرية مع هذه الحشرات ، فإنها تقوم بإمداد الحشرة بالفيتامينات ، كما يمكنها تكوين البروتينات من خلال نموها داخل القناة الهضمية للحشرة .

وعلى عكس المعاشرات التى توجد فى الأمعاء وتنتقل من جيل إلى اخر عن طريق البراز ، فإن المعاشرات المستقرة فى الأعضاء الداخلية تجد طريقها إلى المبايض ؛ حيث تتلامس مع خلايا الفطر . وتبعا لتركيب المبيض ، تنتقل المعاشرات الفطرية إلى البيض ، ثم تستقر أخيرا فى الخلايا الجنينية للحشرات.

وقد تلعب هذه المعاشرات الفطرية دورا هاما فى تحديد جنس الحشرة ، فعلى سبيل المثال يلاحظ فى حشرة *Stictococcus sjoestedti* وجود خلايا

فطريـــــة mycetocytes بجوار مبيض إناث الحشرة ، حيث تصيب هــــذه الخلايـــا الفطرية البويضات التى تجاورها فقط ، بينما تنجو البويضات الأخرى - البعيدة عــــن الخلايا الفطرية - من العدوى .



شكل (٩ - ٣) : رسم تخيلى يمثل إحدى الحشرات داخل حديقةٍ فطريةٍ تتناول جرثومـــة كوجبـــةٍ شهيةٍ .

وينتج عن ذلك نوعان من البيض ، نوع لا يحتوى على الخلايا الفطرية وينمو جنينه بكريًّا ويتطور لينتج ذكوراً ، فى حين أن البيض المصاب بالفطر يتطور جنينه منتجـــاً أناثاً (Richards & Brooks, 1958) .

وعلى الرغم من التطور المستمر للحشرات ، فإنــــها لــم تحـــاول التخلـــص مـــن الفطريات، بل على العكس من ذلك زادت من الاعتماد عليها إلى حدٍّ بعيدٍ ؛ بحيث نجد - فى بعض الحالات - أن كلاًّ من الحشرة والفطر لا يتواجـــد منفرداً فـــى الطبيعة .

وفى مثل هذه الحالات نلاحظ أن كلا من الحشرة والفطـــر تأقلمـــا علـــى حياتـــهما المشتركة ، واستطاعت الحشـــرة بغريزتها وتمسكها الشديد بالحيـــاة أن تســـتفيد مـــن علاقتها مع الفطريـــات إلى أبعـــد الحـــدود ؛ لـــتواجه تحديـــات البيئـــة الصعبـــة ،

والأعــداء الطبيعية ، ونقص الغذاء . وفى الوقت نفسه اعتمــد الفطــر على الحشـــرة فى الحياة المريحـــة دون أن ينـــافسه غـــيره من الكائنات الحية الدقيقـــة الأخـــرى ، ضامنا الانتشار الفعال والغذاء السهل الميسور ، إنها معجزة حيوية حققتها الفطريات مع الحشرات .

١ – المعاشرات الخارجية Ectosymbiotic Associations :

يعيش الفطر فى هذه الحالة خارج الحشرة ، ولكنـــه يوفـــر الغـــذاء لـــها ؛ ســـواء باستخلاصه وتجهيزه من مواد نباتية معقدة كالسيليلوز ، أم بتغذية الحشرة على النموات الفطرية نفسها . كما يعمل النمو الفطرى على تهيئة ظروف بيئية مناسبة لنمو الحشـــرة وتكاثرها بعيدا عن العوامل الخارجية أو الأعداء الطبيعية .

وفى الوقت نفسه ، يعتمد الفطر على الحشرة فى الانتشار ؛ حيث تتحور الحشـــرة لهذا الغرض عن طريق وجـــود تراكيب مميزة خارج جسمها مثـــل الشعـــيرات ، أو داخل جسمها على صورة جيوب خاصة special pouches قـــد يطلـــق عليـــها اســـم الحوافظ الفطرية (Mycetangia (Mycangia يحفظ فيها الفطر .

وفيما يلى بعض الأمثلة للمعاشرات الخارجية .

أ. الحشرات القشرية وبيوتها الفطرية :

إن الحشرات القشرية scale insects كائنات صغيرة الحجم ، تعيش حـــياة ثابتـــة على ســـطوح الأوراق والثمار لعديد من العوائل النباتية ؛ حيث تقضى معظم حياتـــها فى مكان واحد لا تبرحه . وتغرز هذه الحشرات أجزاء فمها الثاقبـــة الماصـــة – ذات الشكل الأسطوانى الطويل – فى أوعية النبات الناقلة (اللحاء) ، وتمتـــص العصـــير النباتى المجهز ؛ حيث تجد فيه غذاء وشرابا كافيا .

وبمجرد أن تثبت الحشرة القشرية الصغيرة نفسها على سطح النبات العائل ، فإنـــها تبقى فى نفس المكان ساكنة بقيـــة حياتها ، ويرجع ذلك إلى عدم قدرتها على الحركـــة من مكان إلى اخر ، ولا تستطيع مجابهة أعدائها الطبيعيـــة ، ولا الـــهروب منـــها ؛ وبالتالى فإنه لن يكتب لها البقاء طويلا دون أن تجد لنفسها الحماية ، ولقد استطاعت أن تحقق لنفسها الأمان ، وبطرق مختلفة .

فمعظم هذه الحشرات تفرز غطاء شمعيا صلبا يغطى جسمها ، بينما تلتصق اطراف هذا الغطاء على سطح ورقة النبات التى توجد عليه ؛ وهكذا فإنها – من تحت هذا الغطاء – تحمى نفسها من تقلبات الجو السيئة ، ومن الحشرات المفترسة التى تهددها ، وقد تفتك بها مثل الدبابير المتطفلة ، وأيضا من الطيور التى تلتقطها وتتغذى عليها ؛ هذا غير عديد من المخاطر الأخرى التى تحيط بها وتكاد تقضى عليها ؛ مثل الظروف الجوية المحيطة كالإشعاع الشمسى القوى ، والأمطار الشديدة .

وهناك حشرات قشرية أخرى ، مثل أنواع مختلفة تتبع الجنس *Aspidiotus* ، تعتمد على الفطريات فى وقايتها من الظروف الجوية السيئة ، وحجبها عن أعدائها الطبيعية ، وذلك عن طريق ايوائها فى مساكن فطرية سابقة التجهيز ، تتوفر فيها كل وسائل الراحة والأمان .

وتنتشر مثل هذه الحشرات فى كثير من أنحاء العالم ، وخاصة المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية ؛ حيث تعيش تحت غلالة كثيفة من هيفات فطر بازيدى من الجنس *Septobasidium* ؛ الذى يتبع الفطريات الخصبة Hymenomycetes . وتبدو طريقة المعاشرة الخارجية بين الفطر والحشرة غير مألوفة لكثير من الباحثين والدارسين فى مجالى الفطريات والحشرات ، وقد تصل فى تفاصيلها إلى حد الخيال العلمى .

ففى البداية ، تتحرك إناث الفقس الحديث من هذه الحشرات على سطح إحدى أوراق النباتات ، خارجة لتوها من كنف أمها ، وعلى الرغم من صغر حجمها ، فإننا يمكننا رؤيتها بالعين المجردة ، وكذلك تراها عيون أخرى ليست رحيمة بها ؛ هى عيون الطيور التى تلتقطها ، وتجد فى هذه الحشرة الصغيرة الضعيفة فريسة سهلة ، وكذلك الدبابير المتطفلة التى تهاجمها .

وبمجرد خروج هذه الحشرة الضعيفة إلى العالم ، فإنها تبحث لعلها تجد بالصدفة مكانا يأويها ويحميها هى ورفقاءها على أوراق النبات ، فإذا مرت على نموات هيفية للفطر *Septobasidium* ، فإنها تلتقط بعضا من جراثيمه البازيدية ، ثم تتهادى على سطح الورقة حتى تجد مكانا أمنا تستقر فيه ، وتدفع أجزاء فمها الثاقب الماص إلى أوعية اللحاء الناقلة ، وتبدأ الحشرة فى امتصاص العصير النباتى .

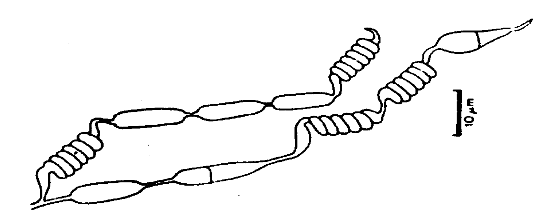
وتعتبر هذه هى البداية ؛ حيث تبدأ جراثيم الفطر التى حملتها معها أنثى الحشرة

القشرية الصغيرة على جسمها فى الإنبات ، مرسلة خيوطا هيفية رفيعة تخترق جسم الحشرة . وقد يثير ذلك استهجان الحشرة ، ولكنها تتحمل ذلك على مضض ولا تعبر عن غضبها ، ولا تترك مكانها أبدا .

ومن خلال حصول الفطر على غذائه الوفير من جسم الحشرة ، فإنه ينمو مكونا هيفات غزيرة حولها ، دون أن يؤثر ذلك على حيوية الحشرة أو فى حياتها . وينمو الميسليوم الفطرى على جسم الحشرة وحولها حتى يخفيها تماما عن الأنظار خلال أسابيع قليلة .

ويحصل الفطر على جميع احتياجاته الغذائية من الحشرة ؛ وذلك بتكوين تفرعات هيفية خاصة ، تخترق ثقوب خروج الشعيرات ، وتدخل إلى فراغ الجسم الدموى للحشرة haemocoel ؛ حيث تكون هناك عديدا من الالتفافات الهيفية الحلزونية hyphal coils .

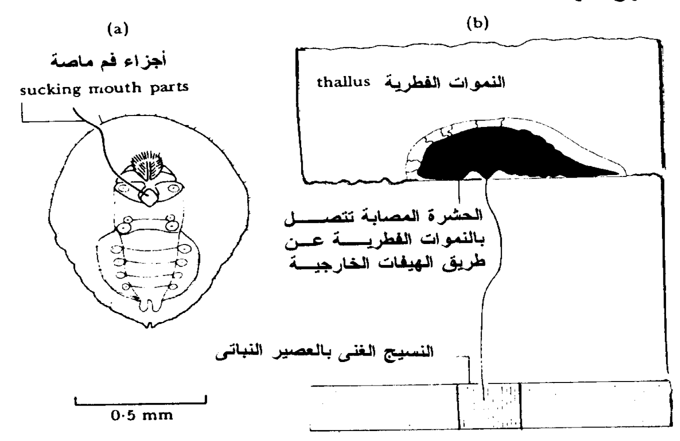
وتكون هيفات الفطر سلاسل من الوحدات الهيفية العريضة ذات الشكل المغزلى spindle - shaped segments تتصل بعضها ببعض عن طريق هيفات رفيعة للغاية . ويكون هذا التركيب الفطرى فى مجمله شكلا يشبه السجق (شكل ٩ - ٤) ؛ حيث تتركب كل لفة من اللفات الهيفية الحلزونية من ٤ - ٨ لفات متماثلة ؛ مشابهة فى ذلك سلك السخان الكهربى المستخدم فى تسخين الماء . ويوجد هذا التركيب فى مجموعات ، تتكون من ٢ - ٣ وحدات .



شكل (٩ - ٤) : القطع الهيفية ذات الشكل المغزلى واللفات الهيفية فى دم حشرة قشرية مصابة بالفطر *Septobasidium* .

وتعتبر الحشرات القشرية – كما أسلفنا – من الحشرات الشرهة فـــى امتصاصـــها لعصارة النبات ؛ حـــيث تدفع الإناث رمحها إلى الحزم الوعائية للحـــاء لامتصـــاص الغذاء المجهز من العائل النباتى . ولقد وجد (1965) Christensen أن هذه الحشرة ، تعتبر – فى هذه المرحلة – محطـــة رفـــع (مضخـــة) pumping station تقـــوم بامتصاص الغذاء المجهز ونقله من النبات إلى الفطر (شكل ٩ – ٦) .

وبالإضافة إلى ذلك ، تعمل الحشرة على تحويل سكر السكروز الموجود فى لحـــاء النبات ، إلى سكر الدم الخاص بها ؛ وهو سكر الترايهالوز Trehalose الذى يستفيد منه الفطر مباشرة ؛ وبذلك تظهر مستعمرة فطرية جديدة حول تلـــك الحشـــرة ، مســـتمدة غذاءها المجهز منها .



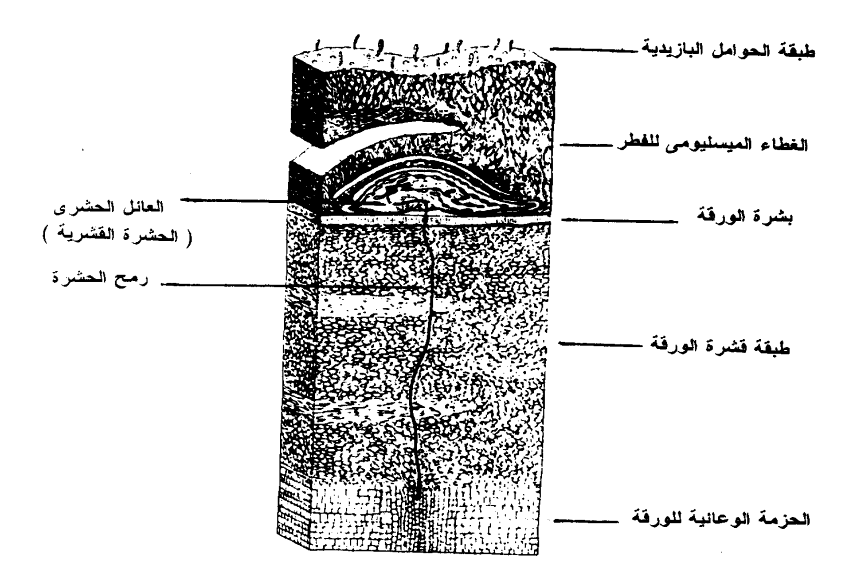
شكل (٩ – ٥) : الحشرة القشرية وفطر *Septobasidium* (عن Cooke, 1977) .

a – منظر بطنى لحشرة قشرية بالغة ، تظهر فيـــها أجـــزاء الفـــم الماصـــة الطويلة.

b – رسم تخطيطـــى لقطـــاع طولـــى خـــلال النمـــوات الميســـليومية للفطـــر *Septobasidium*، موضحا حشرة مصـــابة توجـــد فـــى إحـــدى غـــرف المستعمرة ، غـــارسة أجزاء فمها فى الأنسجة النباتية الغنيـــة بالعصـــارة المغذية (نسيج اللحاء) .

وتستطيع الحشرة الحياة دون تكويـــن علاقة معاشرة مع الفطر ، ولكن مع مخـــاطر البيئة من حـــولها ، بينما يعتبـــر الفطـــر معاشـــرا إجـــباريا مـــع الحشـــرة

في الطبيعـــة . وهذا نـــوع من التـــوازن الدقيـــق obligatory associated fungus في العلاقـــات المتعاشــرة المتبادلة ، فإذا ماتت الحشرة لسبب ما ، مات الفطـــر هـــو الآخـــر .



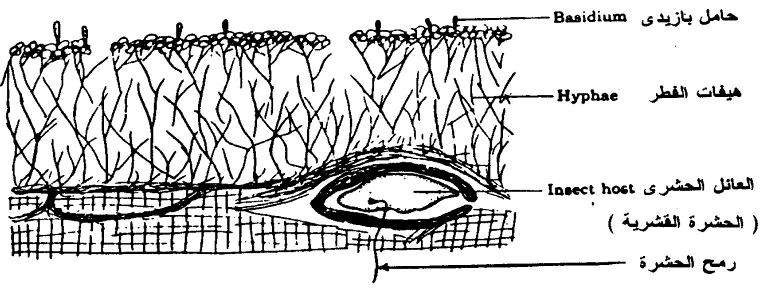
شكل (٩ - ٦) : رسم تخطيطـــى يوضـــح قطاعـــا تفصيليـــا لجـــزء مـــن مســـتعمرة الفطـــر *Septobasidium* ، تغطى هيفاتة أنثى حشرة قشرية تغرس رمحـــها المـــاص للعصارة النباتية فى ورقة النبات . ويلاحظ وجود الحوامل البازيدية والجراثيـــم البازيدية على سطح الغطاء الميسليومى للفطر .

ويعتبر الفطر *Septobasidium* أحـــد الفطريات التى تنتشر علـــى ســـطح قلـــف الأشجار ، وداخل الأنفاق والشقوق التى تعيـــش فيـــها الحشـــرات القشريـــة . وتبـــدو المستعمرات الفطرية مسطحة ذات حواف كاملة مشععة ، ويصل قطـــر مثـــل هـــذه المستعمرات الفطرية إلى عدة سنتيمترات ، ذات حلقات دائرية من نموات فطرية كثيفة

تتبادل مع حلقات أخرى أقل كثافة . ويطلق على ذلك الشكل المتميز للمستعمرة الفطرية اسم التحليق zonation . وتشبه هذه النموات الفطرية شكل النموات القشرية للأشن Lichens على فروع الأشجار .

وعند انتشار النمو الميسليومى للفطر فوق سطح أوراق النبات ، فإنه يغطى أولا تلك الحشرة الصغيرة ، التى تختفى تحت الغلالة الكثيفة من الهيفات الفطرية المتزاحمة فوقها . ثم يستمر نمو هيفات الفطر فوق سطح النبات بحيث يكون مرتفعا عن السطح فى بعض الأماكن ، وملتصقا بالسطح فى أماكن أخرى ؛ حيث يؤدى ذلك إلى وجود حجرات وسراديب يتصل بعضها ببعض ، بينما يفضى بعضها إلى خارج المستعمرة الفطرية (شكل ٩ – ٨) .

وتمرح عديد من الحشرات القشرية الصغيرة التابعة لنفس الجنس *Aspidiotus* داخل هذه السراديب ، وبعض هذه الحشرات تكون ضيوفا جديدة على المستعمرة ؛ حيث يؤدى تجوالها بين هيفات الفطر وجراثيمه إلى إصابتها بالعدوى ، فتتمتع هى بالحماية داخل المستعمرة الفطرية بعيدا عن الأخطار الخارجية ، بينما يضمن الفطر – لنفسه – مزيدا من الغذاء ؛ ليوفر قسطا أكبر من الحماية ، وغرفا أكثر لمزيد من الحشرات الزائرة التى يصاب بعضها بالعدوى .



شكل (٩ – ٧) : رسم تخطيطى يوضح أنثى الحشرة القشرية غارسة أجزاء فمها فى النبات لامتصاص العصارة ، بينما ينمو فوقها هيفات كثيفة للفطر *Septobasidium* ؛ مما يخفيها عن أعدائها الطبيعية .

وبعض حجرات المستعمرة الفطرية يقطن فيها إناث هذه الحشرات القشرية الصغيرة، ولكنها لا تصاب طوال حياتها بالفطر ، بل تظل سليمة خصبة تتمتع

بالحماية تحت الغلالة الكثيفة من هيفات الفطر ، الذى يتغذى عن طريق بعض الإنـــاث الأخرى .

وتصبح الحشرات التى يتغذى عليها الفطر غير خصبة ، ولا تتكاثر ؛ حيث يــؤدى نمو الهيفات الفطرية داخل أجسامها إلى جعلها عقيمة . وتعيش هذه الحشرات ، وتتغذى بنفس طريقة الحشرات الأخرى غير المصابة ، إلا أن تلك الأفراد المصابـــة بـــالفطر تؤدى خدمة جليلة لأقرانها ؛ فهى تتنازل عن خصوبتـــها مقـــابل أن توفـــر لنفســـها وزملائها الخصبة الحماية والأمان داخل هيفات الفطر الكثيفة ؛ وأنها لتضحية عظيمـــة جديرة بكل تقدير .

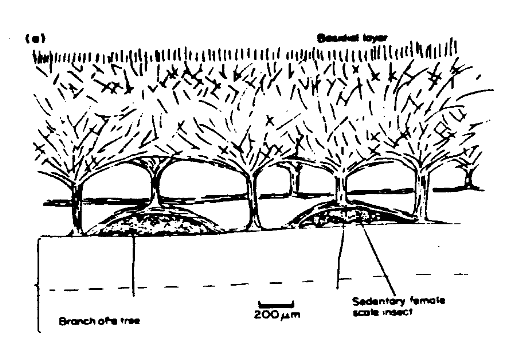
وتحت غلالة الفطر الكثيفة ، تعيش إناث الحوريات الحديثة الفقس متنقلة بحرية من حجرة إلى أخرى ، عبر سلسلة متشابكة من المسالك والدهاليز التى تنتهى إلى خـــارج المستعمرة الفطرية عبر باب مسحور trap door لا يمكن رؤيته من الخارج . ويتكون هذا الباب من هيفات فطرية متصلة بالغلالة الميسليومية من ناحية واحدة ؛ مما يســـمح بفتح الباب عند خروج الحشرة ، ثم يغلق مرة أخرى خلفها تلقائيا . ولا يمكن تمييز هذا الباب من خارج المستعمرة ؛ مما يمنع دخـــول حشرات غريبة -غير مرغوب فيها - داخل هذه المستعمرة .

وتوجه الإناث الخصبة فتحتها التناسلية ناحية هذه الأبواب المســـحورة فـــى وقـــت التزاوج ؛ حيث تدفع الباب المسحور بجسمها ، وتبرز مؤخرتـــها خـــارج المســـتعمرة الفطرية ؛ حتى يلقحها أحـــد الذكـــور التى تتجول خـــارج المستعمـــرة بطـــريق الصدفة . وبعد ذلك تعود الحشرة الأنثى بعد إخصابها إلى خلوتـــها داخـــل حجرتـــها بالمستعمرة للتكاثر .

وتغرز الحشرة أجزاء فمها الثاقب الماص من خلال بشرة النبات إلى أوعية اللحاء ؛ حيث تقضى بقية حياتها القصيرة فى امتصاص الغذاء وإنتاج الصغار ؛ مما يؤدى إلى إعادة دورة الحياة تحت ظلال هيفات الفطر وجراثيمه .

وعند خروج الحوريات الحديثة الفقس من البيض تكـــون جـــاهزة للخـــروج مـــن المستعمرة - عبر السراديب - إلى العالم الخارجى . ولقد أخذ الفطر العبقـــرى ذلـــك أيضا فى حسبانه عند تصميمه لنظام المستعمرة ، فمن كل حجرة من حجرات الإنـــاث الخصبة الملقحة (الأمهات) ، يوجد سرداب ضيق يمتد من خلال هيفات الفطر الكثيفة

إلى خارج المستعمرة ، وهذا السرداب أعد خصيصا لخروج الصغار إلى حال سبيلها ، دون أى تدخل من الأمهات فى ذلك .



شكل (٩ – ٨) : رسم تخطيطى يوضح منظرا عاما داخل المستعمرة الفطرية ، وسلسلة المسالك والدهاليز التى تتحرك فيها إناث الحوريات الحديثة الفقس للحشرة القشرية ، بينما تظهر الإناث التى ينمو عليها الفطر أسفل الرسم .

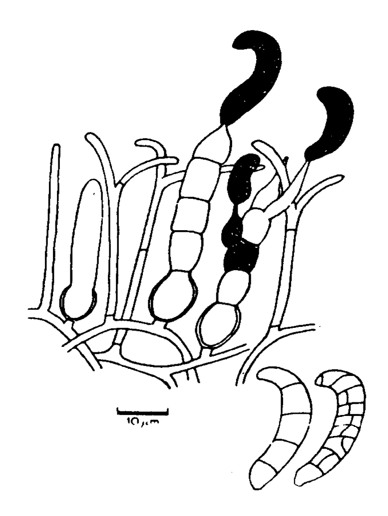
ومن خلال هذه السراديب الضيقة ، يتسرب الفقس الحديث خارجه ، فإذا خرجت فإنها تتعثر فى هيفات الفطر وجراثيمه ، على أطراف الغلالة السميكة التى تحمى المستعمرة الحشرية كلها . وتلتصق جراثيم الفطر البازيدية على أجسام الحشرات القشرية الصغيرة التى تعيد القصة مرة أخرى .

ويكون الفطر جراثيمه البازيدية – التى قد تتجزأ – على سطح المستعمرة الفطرية خلال الفترات الرطبة من فصل الربيع (شكل ٩ – ٩) ، وهى نفس الفترة التى يظهر فيها الجيل الجديد من الفقس الحديث لهذه الحشرات .

وتصاب نسبة عالية من الدفعات الأولى للحشرات الصغيرة ، بينما تنجو الدفعات التالية من العدوى . وبصفة عامة ، تصاب نصف أعداد الحشرات الصغيرة بالفطر ، وتصبح مكلفة بتوفير الغذاء له ؛ حتى يأويها هى وزملاءها داخل غلالته الهيفية الكثيفة .

أما الأفراد التى لم تصب بالفطر ، فإنها تكون حرة ، تملك إرادتها ، ولكن هذه

الحشرات تكون – فى الحقيقة – بائسة ، عديمة المأوى والحماية ، يجب عليها تدبير شئون حياتها بنفسها ، بينما هى عاجزة تماماً عن ذلك . فمثل هذه الحشرات الحرة تقع فريسة سهلة للطيور ، التى تلتقطها من على سطوح الأوراق ، كما يفترسها كثير من الحشرات التى تعتبر أعداء طبيعية لها . ولاتتحمل الأجسام الرهيفة لهذه الحشرات حرارة الشمس اللاسعة ، ولا أشعتها القوية ؛ حيث سرعان ماتجفُّ وتموت تحت هذه الظروف القاسية .

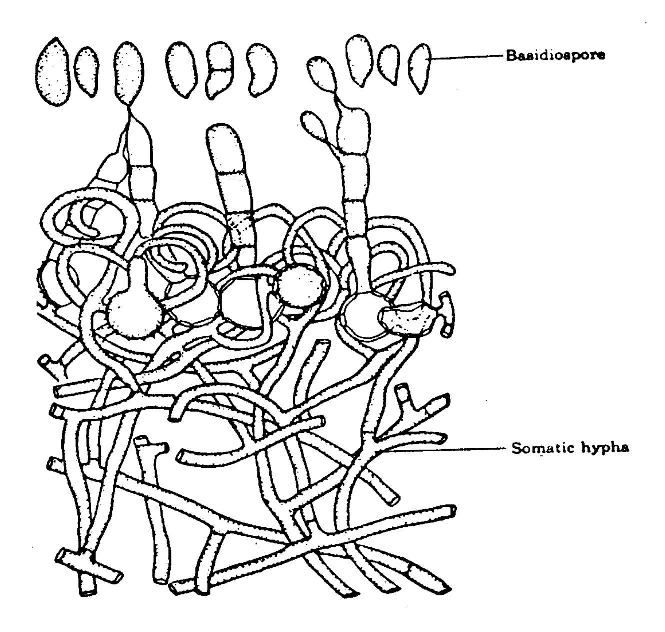


شكل (٩ – ٩) : الجراثيم البازيدية للفطر *Septobasidium* ، التى تتجزأ بجدر عرضية إلى خلايا عديدة .

وتعمل مياه الأمطار على دفع هذه الحشرات الصغيرة من على سطوح الأوراق ، وهكذا فإن هذه الحشرات الشاردة سوف تلاقى حتفها قبل أن تستكمل دورة حياتها ؛ فلا عجب أن تقدم بعض أفراد هذه الحشرات نفسها أضحية لتغذية هذا الفطر ، مقابل أن يمنحها – وزملاءها من الحشرات الخصبة – الأمن والأمان .

وفى الحقيقة يقدم الفطر بغلالته الهيفية الرائعة أكثر من حماية هذه الحشرات الصغيرة من تقلبات الجو السيئة ؛ حيث إنه يخفيها عن الدبابير المتطفلة الصغيرة

tiny wasps ، ذات الة وضع البيض العجيبة ، التى تساعد الدبابير على حقن بيضـــها داخل جسم هذه الحشرات البائسة .



شكل (٩ - ١٠) : رسم تفصيلـــى للفطـــر *Septobasidium fumigatum* يوضـــح الحوامـــل البازيدية (البازيديم العلوى) مقسمة إلى أربع خلايا ، بينما يكون البـــازيديم الأولى عبارة عن جرثومة مغلظة الجدار . وتحمل الجراثيم البازيديـــة علـــى ذنيبات قصيرة على البازيديم العلوى .

وتتـــكون آلة وضع البيض فى هذه الدبابير من ثلاثة أزواج من المصاريع التناسلية، ينقـــل الأول البيـــض ، بينما يتحور الثانى كعضو لاسع ينقل السم إلى الحشرة القشرية الصغيـــرة ؛ فيحدث لها شللا مؤقتا . وعند فقس البيض داخلها ، تقوم يرقات الدبـــور بالتغذيـــة على أحشاء فريستها حية حتى تقضى عليها .

ومن العجيب أن حشرة الدبور الصغير هذه تمتلك نظاما رداريا حديثا radar system ، تم ضبطه على الحشرات القشرية الصغيرة ؛ بحيث يمكن للدبور تحديد مكانها حتى لو كانت مختبئة تحت الغلالة الكثيفة من هيفات الفطر . وعندما تحدد حشرة الدبور مكان الحشرة القشرية المختبئة ، فإنها تقوم بحقنها بآلة وضع البيض ذات الشكل الرمحى .

ولا يتجاوز طول آلة وضع البيض ٢٠٠ ميكرون ؛ لذلك تنجح حشرة الدبور فى حقن الحشرات القشرية المختبئة تحت غلالة هيفات الفطر التى يقل سمكها عن ٢٠٠ ميكرون ، بينما تكون غلالة الهيفات الفطرية – فى معظم الحالات – أكثر سمكا ، فلا تصل آلة وضع البيض إليها برغم محاولات حشرة الدبور المستمرة ، وبذلك تنجو الحشرة القشرية بحياتها .

وتسعى حشرة الدبور الصغير إلى حقن أكبر عدد ممكن من الحشرات القشرية بالبيض ، حتى تجد يرقاتها الغذاء الكافى ؛ وبذلك يستكمل الدبور دورة حياته ، فلا عجب إذا اعتبرت الحشرات القشرية الصغيرة هذا الدبور عدوها الأساسى ، وأن يطلق عليه اسم العدو الشيطانى المجنح Fairy-Winged Fiend (Christensen, 1965) .

وهناك أنواع عديدة من الحشرات القشرية التى تذهب بنفسها – مختارة – لإيجاد علاقة تكافلية مع الفطر ، وجميع الفطريات التى تشارك هذه الحشرات حياتها هى أنواع تابعة للفطريات المحللة للأخشاب ، والتى تنمو بصورة تشبه القشور على جذوع الأشجار وسطوح الأوراق المتساقطة على الأرض ، ومخلفات الأخشاب ، وغير ذلك من مواد عضوية .

وفى بعض هذه العلاقات ، يكون الفطر مصايد بارعة ، يدخل من خلالها القفص الحديث لهذه الحشرات القشرية . وفى بعض الحالات تكون الحجرات الخاصة بهذه الحشرات الصغيرة ضيقة للغاية ، تكاد تنطبق على جسمها ، بحيث إذا دخلت حشرة ما داخل هذه الحجرة ، فإنها لا تستطيع الخروج منها لعدم قدرتها على السير للخلف .

ولا تنتشر الحشرات القشرية بحرية فى الطبيعة ، إن قورنت بغيرها من الحشرات الأخرى ، وأيضا لا ينمو الفطر *Septobasidium* إلا على الحشرات القشرية كشريك

إجبارى obligate partner ... وهكذا نجح ثنائى الفطر والحشرة القشرية فى إيجاد علاقة وطيدة بينهما ، فى جميع المناطق الدافئة من العالم .

ولقد ناقش عديد من علماء الأحياء هذه النوعية من العلاقات المتبادلة ؛ فيرى هؤلاء أنه بمجرد اعتماد كائن حى على آخر – سواء كمتطفل أم كشريك إجبارى – تحمل مثل هذه العلاقة مستقبلا غامضا للكائنين المشتركين فى تلك العلاقة ، وخاصة فيما يتعلق بتطور كل كائن على حدة .

ومع مرور الوقت ، يحاول كل متطفل أو شريك أن يتخصص أكثر على عائلة أو رفيقه فى الحياة ؛ مما يبعد كلا منهما عن سائر الأحياء الأخرى . فالمشاركة بين الكائنات الحية تجعل الحياة أكثر سهولة وأطول عمرا . فالفطريات قد شاركت النباتات حياتها منذ العصر الكربونى ، وشاركت الحشرات أيضا منذ مئات ملايين السنين ، ومازالت هذه العلاقات بينهما قوية ومتنوعة حتى الآن ، بينما انقرضت كثير من النباتات والحيوانات التى عاشت حياتها مستقلة ، وأصبحت فى ذمة التاريخ .

ب – حشرات النمل وحدائقها الفطرية :

هناك الاف الأنواع من النمل ، التى تختلف طريقة معيشتها بدرجة مذهلة ، وقد يكون بعضها خياليا ومدهشا إلى حد بعيد .

فتعتبر حشرات النمل أكثر الحشرات الاجتماعية تطورا ، بالمقارنة بنا نحن الجنس البشرى ؛ فهى أقدم منا فى الحياة الاجتماعية ، وإن كانت الشغالات (إناث عقيمة) هى التى تقوم بكل العمل ، أما الذكور فلها وظيفة وحيدة محددة فقط ، وهى إخصاب الملكات ، فإذا ما انتهت هذه المهمة السريعة ، انتهى عمر هذه الذكور بنفس السرعة .

وفى خلال هذا الوقت الطويل الذى جرب فيه النمل مختلف الوسائل لكى يستمر فى الحياة ، وجد فرصته فى تطوير أسلوب حياته الاجتماعية منذ مئات الملايين من السنين، ثم اخترع عديدا من الوسائل للحصول على غذائه، وتوفير الحماية لعشيرته . وكانت هذه الابتكارات التى قدمها النمل على درجة عالية من المهارة، بحيث تتضاءل بجانبها وسائلنا الاقتصادية الحديثة .

إن النمل يتغذى على غذاء فقير فى البروتين ؛ لذلك زرع بعضه الفطريات فى أنفاق

تحت الأرض ؛ ليتوفر له الغذاء الكافى المستديم ؛ فكيف توصل إلى ذلـــك ؟ . وكيــف تفتق ذهنه البدائى إلى هذه الفكرة الرائعة ؟! .

ومعظم النمل يتغذى فقط على السوائل ، بينما يأخذ المواد الصلبـــة بـــأجزاء فمــه ويمضغها . وجميع حشرات النمل لها كيس فى الجزء السفلى من الفم يسمى " الجيـــب تحت الفكى infrabuccal pocket " ، يذهب إليه أى غذاء صلب تأخذه الحشرة بفمها . وتقضى الحشـــرة أوقـــات فراغها فى تنظيف رأســـها وجـــسمها ؛ حيـــث تجمـــع نواتج التنظيف بواسطة تركـــيب يشبه المشط الناعم فى أرجلها الأمـــامــــية . كمـــا تتجمع أيضا حبوب اللقاح وأجزاء نباتية وجراثيم الفطريات داخل هذا الجيـــب تحـــت الفكى (شكل ٩ - ١٣) .

وفى هذا الجيب تتم إذابة المواد الصلبة عن طريـــق مـــرور ســـائل مـــن المـــرئ oesophagus ، ثم تبتلعه الحشرة مرة أخرى بما يكون قد ذاب فيه من المواد الصلبـــة القابلة للذوبان . ويتبقى جزء من هذه المواد الصلبة فى الجيب ؛ حيـــث يعـــاد مـــرور السائل مرة أخرى ، ويعاد البلع وهكذا ، كما يفعل الهندى الأحمر عند مضغـــه أوراق الدخان وبلع لعابه .

وخلال وجود هذه المواد الصلبة فى الجيب تحت الفكى، فإنها تكون تحت ظـــروف دافئة ورطبة ؛ حيث تنبت جراثيم بعض الفطريات وتنمو هيفاتها تحت هذه الظـــروف، بينما لا تستطيع فطريات أخرى النمو . وعندما يفرغ النمل محتويـــات الجيـــب تحـــت الفكى فى جحوره الدافئة الرطبة، تستكمل هذه الفطريات نموها وتغطى هيفاتها المـــواد العضوية الموجودة بها .

وتقوم بعض حشرات النمل بزراعة الفطريات فى جحورها عمدا ؛ لما فـــى هـــذه الفطريات من قيمة غذائية عالية ، فلا عجب أن تكون هذه الفطريات جذابـــة للنمـــل ؛ حيث يأكلها باستمرار وبكميات كبيرة .

ولقد تعلمت بعض الأنواع الماهرة من النمل كيفية إكثار هذه الفطريات المغذية داخل جحورها ، وعملت على زراعتها حتى أطلق عليها اسم " الحدائـــق الفطريـــة fungus gardens " ؛ وعلى ذلك سبقت حشرات النمل الإنسان فى تعلم الزراعة ، بل وتفوقـــت فيها ، وكان لها السبق والصدارة . ويكفينا أن ندرس ونتعلم تلك الحيل البارعة التى لجأ إليها النمل ، الذى أنفق وقته ومجهوده فى تعلم الزراعة وليس فى التحدث عنها ! . .

وهناك أكثر من مائة نوع من أنواع النمـــل القـــاطع لـــلأوراق leaf-cutting ants المعروفة ؛ معظمها فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية من القـــارة الأمريكيـــة ، وربما لا يعلم الكثيرون شيئاً عن هذه الحشرات النشيطة الماهرة ؛ ذلك أنها تعمل فـــى صمتٍ . ولا تشـــترك جميـــع أنـــواع النمل فى زراعة نـــوع واحـــدٍ مشـــترك مـــن الفطريات ، ولكنها تشترك فى الغرض من الزراعـــة ، وهو الحصول على غذاءٍ جيدٍ غنيٍ بالبروتين (لوحة ملونة رقم ٩) .

وقد يفضل كلُ نوع من أنواع النمل القاطع للأوراق نوعاً أو أكثر من النباتـــات أو الأشجار ؛ حيث يرجع ذلك إلى طبيعة الفطر الذى تقوم بزراعته ، بينما هناك أنواع من النمل لا تقوم بقطع أوراق الأشجار ، بل تتجول وتقوم بجمع براز يرقـــات الحشـــرات التى تتغذى على أوراق الأشجار ، وتنثر هذا البراز على قطع أوراق الأشجـــار فـــى جحورها ، وتزرع عليها الفطر ؛ مثال ذلك حشرات النمل من الجنس *Sericomyrmex* والجنس *Trachymyrmex* . وهناك أنواع من حشرات النمل تزرع بعـــض فطريـــات عيش الغراب على روث الخيل .

وتتبع حشرات النمل النموذجية القاطعة للأوراق الجنس *Attine* ؛ وهو مـــن نمـــل العالم الجـــديد new world myrmicine ants الذى ينتشر بين خط عرض ٤٠° شمالاً و ٤٤° جنوباً من خط الاستواء ، وخاصة فى المناطق الاستوائية فى وســـط أمريكـــا ، وفى شمال وغرب الولايات المتحدة ومنطقة البحر الكاريبى (شكل ٩ – ١١) .

ومن أكثر أجناس النمل انتشـــاراً فـــى هـــذه المنطقـــة : الجنـــس *Atta* والجنـــس *Acromyrmex* ، وهما من النمل القاطـــع لأوراق الشجر ، والـــذى يطـــلق عليـــه اســـم " النمل المظلى parasol ants " نسبة إلى حمله لقطع أوراق الشجر فوق رأســـه بما يشبه المظلة (شكل ٩ – ١٢) . ويستعمل هذا النمل قطـــع الأوراق التـــى يقـــوم بجمعها كمادةٍ عضويةٍ أساسيةٍ فى زراعة الفطر .

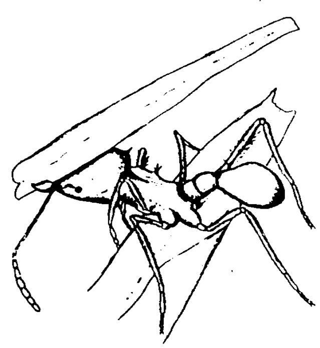
ويخرج النمل المظلى فى جماعاتٍ ضخمةٍ لقطع الأوراق وجمعها ، وهو يتفانى فى عمله هذا ، ويمزق أوراق الأشجار بلا رحمةٍ ولا هوادةٍ . ويسبب النمل *Atta texana* خسائر فادحة فى محصول الموالح فى شرق تكساس وشمال لوزيانا ؛ حيث يعتبر آفـــة ضارةً اقتصاديًّا نتيجة نشاطه المدمر .

وتتخصص أفراد طائفة النمل من الجنس *Atta* من ناحية الشكـــل والوظيفـــة إلـــى

شغالات وذكور وملكة ؛ حيث تتباين هذه الأفراد من ناحية شكلها وحجمها . فـــالافراد الأكبـــر حجما هى الجنـــود soldiers ، ووظيفتـــها الأســـاسيـــة هـــى حمـــايـــة المستعمـــرة من أى غـــزو خـــارجى . والأفـــراد ذات الحجم المتوسط هى الشغالات القاطعة للأوراق the medium sized workers ؛ ووظيفتها الأساســية هـــى التجـــول للبحث عن الطعام المناسب وجمعه ونقله إلى المستعمرة .



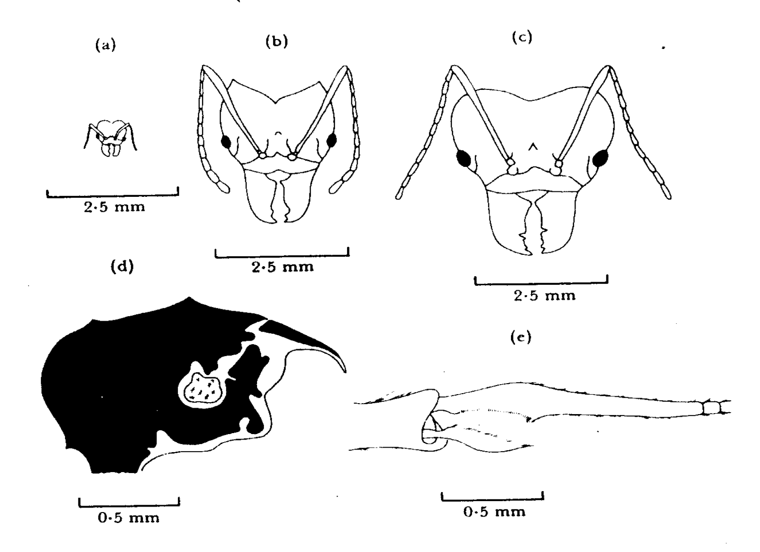
شكل (٩ - ١١) : التـــوزيـــع العـــالـــمى للنمـــل القـــاطـــع للأوراق وزارع عـــيش الـــغراب .
(عن Fisher et al., 1994)



شكل (٩ - ١٢) : شغالة من النمل المظلى parasol ants تحمل قطعة مـــن أوراق الشـــجر ؛ حيث تبدو كأنها تحمل مظلة فوق رأسها .

وتقوم هذه المجموعة من الشغالات المتوسطة الحجم بقطع أوراق الأشجار إلى قطع صغيرة يمكن حملها ؛ حيث تعود بها إلى أعشاشها ، وترجع مرة أخرى لجلب المزيد . وتسلك شغالات النمل المظلى طريقا محددا فى ذهابها وإيابها ، يبلغ عرضه حوالى ٣٠ سنتيمترا ، ويمكن ملاحظته بسهولة . وتلك الشغالات التى تقوم بقطع الأوراق وحملها لا تفعل شيئا عدا ذلك .

وتستقبل شغالات النمل الصغيرة فى جحور النمل هذه القطع الورقية ؛ حيث تقوم بتنظيفها وكشطها ، ثم تقطعها إلى قطع صغيرة لا تتعدى ١ - ٢ ملليمتر ، ثم تمضغها وتحولها إلى لباب بواسطة فكوكها القوية (شكل ٩ - ١٣) .



شكل (٩ - ١٣) : رسم تخطيطى لحشرات النمل التابعة للجنس *Attine* (عن Cooke, 1977)

a-c - حجم وتركيب الرأس فى شغالات النمل الصغيرة والمتوسطة والكبيرة على الترتيب .

d - قطاع عمودى خلال رأس ملكة النمل ، يوضح الجيب الذى يحتوى على هيفات الفطر فى التجويف تحت الفكى .

e - جزء من الرجل الأمامية لشغالة نمل توضح شكل المشط comb الذى يستعمل لتنظيف أطرافها .

ويوضع هذا الورق الممضوغ (اللباب) فى غرف خاصة لزراعة الفطر عليـــه ، بعد معاملته بقطرات لعاب الشغالات الصغيرة وموادها الإخراجية وبرازهـــا ؛ حيـــث تستفيد من المحتوى النتروجينى لهذه المخلفات فى زراعة الفطريات . ولقد اتبع الإنسان ذلك أيضا فى بعض الحضارات القديمة ؛ حيث كان يعيد استخدام مياه الصرف الصحى فى رى الحقول والحدائق لزيادة خصوبة التربة . وحاليا نتبع نفـــس الأســـلوب ولكـــن بمعالجة هذه المياه لتجنب الميكروبات الضارة .

ولا تكتفى حشرات النمل بالإضافات السابقة إلى أوراق الأشجار الممضوغـــة فـــى زراعة الفطريات ، بل تضيف إليها محتويات الجيـــوب تحـــت الفكيـــة infrabuccal pockets ، والتى تحتوى على خليط من التراب وحبوب اللقاح .

ولا تتردد حشرات النمل فى إلقاء جثث زملائها إلى هذا المخلوط لتشجيع نمو الفطر وزيادته ؛ حيث يعمل ذلك على تنظيف جحور النمل أولا بأول ، وأيضا علـــى زيـــادة المحتوى النتروجينى للبيئة التى ينمو عليها الفطـــر ؛ فيزداد نمـــوه ، ويـــزداد الغـــذاء المتاح لعشيرة النمل .

ويستعمل النمل فى الزراعة أجزاء من النمو النشط للميسليوم الفطرى مـــن أجـــزاء أخرى قديمة من الحدائق الفطرية النامية ، ويطلـــق المختصـــون علـــى هـــذا النمـــو الميسليومى المستخدم فى الزراعة اصطلاح " تقاوى spawn " .

ولا تقوم حشرات النمل بزراعة أى نوع من الفطريات ، يصيب أحيانـــا ويخطـــئ أحيانا أخرى ، ولكنها تهتم بزراعة أنواع محددة من الفطريات ذات العلاقة الوثيقة بنوع النمل الذى يقوم بالزراعة ؛ فأنواع النمل القريبة من بعضها تزرع نفس نوع الفطـــر ، بينما تزرع الأنواع المختلفة من النمل أنواعا متباينة من الفطريات .

ويعتبر الباحث الألمانى Moller (1893) أول من تناول هذا الموضوع بالدراسة ؛ وذلك منذ أكثر من مائة عام فى كتاب بعنوان " الحدائق الفطرية لنمل أمريكا الجنوبية ". ومنذ ذلك الحين انشغل كثير من الباحثين بدراسة النمل زارع الفطريات ؛ مثل الفريـــق البحثى الإنجليزى المكون من D. J. Fisher , D. J. Stradling , D. N. Pegler الأساتذة بقسم علوم الحياة بجامعة إكستر Exeter بالمملكة المتحدة ؛ حيث ناقشوا فـــى بحثهم الأخير Fisher et al., (1994) تكوين الأجســـام الثمريـــة البازيديـــة للفطـــر *Leucoagaricus gongylophorus* بواسطة حشرات النمل .

ومن المعروف أن أوراق الأشجار التى يستعملها النمل فى زراعة حدائقه الفطرية تكون مغطاة طبيعيا بنموات عديدة من الفطريات والخمائر والبكتيريا فيما يسمى بميكروبات سطوح الأوراق (الفيللوسفير phyllosphere) ، وأيضا ينمو عديد من هذه الأحياء الدقيقة على حبيبات التربة فى جحور النمل ، بل وتحمل أجسام النمل نفسها ملايين من جراثيم وخلايا هذه الميكروبات ؛ فما مصير هذه الملايين من الميكروبات المختلفة ؟ .

إن النمل الذى يهتم ويعتنى بزراعة حدائقه الفطرية قد أخذ هذه المشكلة فى حسبانه، ولم يغفل عن خطورة هذه الأحياء الدقيقة غير المرغوب فيها ، والتى لا تظهر نمواتها أبدا داخل جحوره ولا تلوث حدائقه الفطرية الرائعة .

لقد وصلت مهارة النمل وبراعته إلى درجة بقاء حدائقه الفطرية مزروعة بالفطر الذى يرغب هو فى زراعته دون غيره ، ولسنوات طويلة . ومن العجيب أنه عند إزالة حشرات النمل من هذه الحدائق الفطرية – أو عند ترك النمل لهذه الحدائق دون رعاية – تجد التلوثات الميكروبية طريقها إلى الحديقة بسرعة ، وتنمو عديد من الفطريات والبكتيريا المترممة ؛ أى إن استمرار نقاء الحديقة الفطرية مرتبط باستمرار العلاقة التكافلية مع حشرات النمل .

وهناك نظريات عديدة تحاول تفسير ذلك علميا ؛ فلقد وجد أن لعاب النمل وبرازه الذى يضيفهما إلى مزرعته الفطرية باستمرار ، يعملان على تثبيط نمو الميكروبات الملوثة غير المرغوبة ، كما أن الظروف الجيدة التى ينمو فيها هذا الفطر المراد زراعته تجعله ينمو بقوة ؛ منافسا الميكروبات الضارة ومتغلبا عليها .

وتحافظ شغالات النمل على نظافة المزرعة ؛ وذلك بإزالة أية نموات ميكروبية أخرى ، كما وجد الباحثان Schildknecht & Koob (1971) أن شغالات النمل الصغيرة تفرز المضاد الحيوى ميرميكاسين Myrmicacin الذى يثبط نمو عديد من الفطريات الملوثة .

وعند نمو الفطر المراد زراعته ، تتلون الحدائق الفطرية باللون البنى المبرقش ، وتتحول قطع الأوراق الممضوغة إلى لباب متماسك يشبه قرص العسل ، تنمو عليه طبقة من الهيفات الفطرية ذات اللون الأبيض .

ويتخلص النمل من المخلفات العضوية التى استخدمت فى زراعة الفطر الســـابق ؛ وذلك بتخزينها فى غرف خاصة ، أو قد تحمل خارج مستعمرة النمـــل عـــن طريـــق الشغالات المتوسطة الحجم ، بعيدا عن مدخل المستعمرة بعدة أمتار . وينتج عـــن هـــذا النشاط الفائق لحشرات النمل إنتاج وفير من الفطر الشهى .

ولكن كيف تبدأ مستعمرات النمل فى التكوين ؟ وكيف تنتقل إليها تقـــاوى حديقتـــها الفطرية ؟ إن ذلك كله يبدأ بملكة شابة تنشأ فى مستعمرة تعج بالنمل ، وترغـــب فـــى الانفصال عنها وإنشاء مستعمرة جديدة خاصة بها .

فإذا قررت هذه الملكة ذلك ، أخذت جزءا صغيرا من نموات الحديقـــة الفطريـــة ، واحتفظت به فى جيب خاص بالتجويف تحت الفكى infrabuccal cavity ، ثم تغـــادر المستعمرة ، طائرة بأجنحتها المؤقتة وخلفها بعض الذكور فى رحلة زفاف سريعة .

وبعد إخصاب الملكة ، تهبط على الأرض وتتقصف أجنحتها ، وتبحث عن مكـــان مناسب ، ثم تبدأ فى حفر نفق صغير يتراوح عمقه بين ١٥ و ٢٥ سنتيمترا ؛ تمـــهيدا لإنشاء مستعمرتها الخاصة .

وقرب نهاية هذا النفق ، تحفر الملكة الشابة حفرة صغيرة ، تلقـــى فيـــها بكنزهـــا الصغير من الحديقة الفطرية القديمة . وتضيف الملكة قطرات من مخلفاتها العضويـــة على النمو الفطرى السابق لتشجيعه . ومن العجيب أن تقوم بوضع بيضة أو اثنتين على النموات الفطرية السابقة ، ثم تسحقهما وتخلطهما بالفطر النامى . وحيث إن هذا البيض غنى فى محتواه من الغذاء النتروجينى ، فإن نمو الفطر يزداد مع الوقت .

ولا تكتفى الملكة الشابة بما سبق ، بل إنها تخرج من جحرها الصغير فى رحـــلات سريعة ،تقطع بنفسها أوراق الأشجار ، وتحملها عائدة إلى جحرها ، وتمضغها وتخلطها بلعابها ، ثم تضيفها إلى النموات الفطرية السابقة ؛ لتزيد من مساحة حديقتها الفطريـــة الصغيرة . وعادة ما تقوم الملكة بخلط برازها مع أوراق الأشجار الممضوغة الســـابقة كمصدر نتروجينى إضافى ، وهذا المجهود الكبير من الملكة يقابله الفطر بزيادة النمو ؛ مكونا هيفاته الفطرية المغذية .

وعندما تشعر الملكة بالرضا عن حديقتها الفطرية ، فإنها تبدأ فى وضـــع البيـــض ، الذى يفقس عن يرقات ، تجد حولها غذاء وفيرا من الفطر فى الحديقة الفطرية ، وتبـــدأ مستعمرة جديدة من النمل فى التكوين .

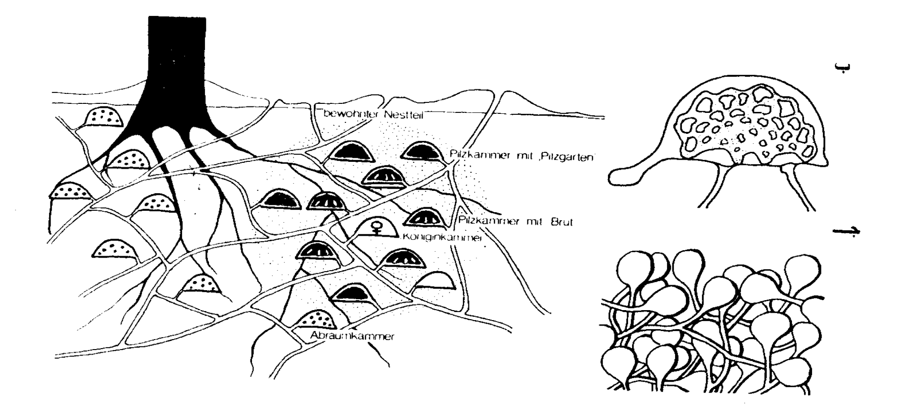
وتختلف الحدائق الفطرية كثيرا فى أحجامها ؛ فبعض حشرات النمل فـــى جنـــوب غرب الولايات المتحدة وشمال المكسيك ، تحفر حجرات صغيرة ؛ يتراوح قطرها بين نصف بوصة وعشـــر بوصـــات تقريبـــا . وفـــى هـــذه الحجـــرات تنمـــو الـــهيفات الفطـــريـــة من السقف متدليـــة لأســـفل ؛ مشـــابهة فـــى ذلـــك شـــكل الســـتائر السمـــيكة المجعدة ؛ حيث يطلق على مثل هـــذه النموات الحدائـــق الفطرية المعـــلقـــة hanging fungus gardens (Christensen, 1965) .

ويستخدم النمل – فى زراعة هذه الحدائق – قطعا من أوراق الأشجار التى يجمعها ويمضغها ، ثم يضيـــف إليها ما يجمعه من بـــــراز اليـــرقـــــات الآكـــــلة لأوراق الأشجار caterpilar excrement . وعند نمو الهيفات الفطرية ، يكون بعضها متدليـــــا من سقف جحور النمل ، بينما تنمو بعض الهيفات على أرضية الجحور . وخلال فصل الصيف ، تجف التربـــة من أعلى إلى أسفل ، وبالرغم من ذلك تجد الـــهيفات الناميـــة على الأرضية رطوبة كافية لاستمرار نموها ، ويجد النمل – برغم هـــذه الظـــروف – غذاء كافيا .

وفى المناطق الاستوائية – حيث تتوافر الرطوبة وأوراق الأشجار الخضراء علـــى مدار السنة – فإن مستعمرات النمل تصبح عملاقة ، وتنمو حدائقه الفطرية حتى تصبح مترامية الأطراف . ويحافظ النمل على زراعة هذه الحدائق ؛ لتفى بالاحتياجات الغذائية لأفراد هذه العشيرة العملاقة .

وفى إحدى الدراسات ، تم قياس حجم هذه الحدائق الفطريـــة ؛ فوجـــد أن حجمـــها حوالى ٣٠٠ ياردة مكعبة ، وفى مستعمرة كهذه ، يوجد أكثر من نصف مليون حشـــرة نمل ، جميعها تتغذى على فطر تقوم بزراعته ورعايته شغالات خاصة . وينتج الفطـــر هيفات فطـــرية ذات انتفاخات كمثرية الشكل فـــى أطـــــرافها ، تتمـــيز بمحتـــواها الغذائـــى المرتفع ، وهـــذه الانتفاخات تتغـــذى عليها جميـــع أفراد العشـــيرة طـــوال حياتها .

وقد يصل حجم مستعمرة من الجنس *Atta* إلى ثمانيـــة أمتـــار مكعبـــة (٨ أمتـــار مسطحة عمقها متر واحد) ، ومثل هذه المستعمرة تضم – عادة – ألفى غرفة ، قطـــر كل منها يتراوح بين ٢٠ و ٣٠ سنتيمترا . ويبلغ عدد أفراد هذه المستعمرة حوالـــى ١ – ٢,٥ مليون نملة ؛ وزنها حوالى ١٠ كليو جرام (Hudson, 1986) .



شكل (٩ – ١٤) : أ = رسم تخطيطى يوضح قطاعا فى مستعمرة من النمل القاطع للأوراق *Atta sexdens* توضح :
حجرة الملكة، الحدائق الفطرية وغرفة الحضنة .
حدائق فطرية حديثة، حجرات مخلفات الحدائق الفطرية .
ب = الهيفات الفطرية نامية على قطع أوراق الأشجار الممضوغة مشابهة شكل قرص العسل .
جـ = شكل الأطراف المنتفخة المغذية للهيفات الفطرية التى يتغذى عليها النمل .

ولكى يبنى النمل مثل هذه المستعمرة ، فعليه أن يحفر ويحمل حوالى ٨٠ طنًا من حبيبات التربة ، ولكى يقوم بزراعة هذه المستعمرة بالفطر ، يجب عليه قطع وحمل حوالى ٤٨٠ طنًا من أوراق الأشجار الخضراء سنوياً ؛ ليوفر الطعام لملايين الأفراد الجائعة .

ومن الواضح أن النمل القاطع للأوراق يسبب خسائر فادحة للأشجار من حوله ، لكن على الرغم من ذلك الدور المخرب ، فإنه يقوم بدور اخر هامّ ومفيد للبيئة . فإن حفر التربة ونقل المادة العضوية إليها ، يعمل على تهويتها وزيادة خصوبتها ، ولعل ذلك يكون فى غاية الأهمية ، وخاصة فى المناطق التى تفتقر إلى وجود الحيوانات والحشرات الحافرة فى التربة .

وجدير بالذكر أن الفطر الذى تقوم حشرات النمل بزراعته ، هو أحد فطريات الأجاريكالات البازيدية (رتبة Agaricales) ، وهو أحد أنواع فطريات عيش الغراب المأكولة mushrooms ، إلا أن هذا الفطر يتميز بعدم إنتاجه للأجسام الثمرية البازيدية المعتادة basidiocarps داخل جحور النمل ، وربما يرجع ذلك إلى أن الميسليوم الفطرى يتم التهامه بواسطة حشرات النمل الجائعة أولا بأول .

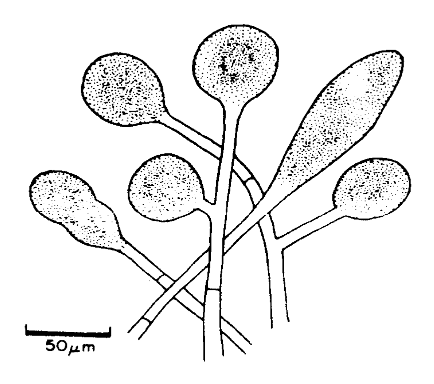
ويختلف نوع الفطر الذى تزرعه حشرات النمل تبعا لأجناسها ؛ فمثلا تزرع حشرات النمل *Atta sexdens* الفطر *Leucoagaricus gongylophorus* ، بينما تزرع أنواع أخرى من النمل فطريات أخرى من الجنس *Lepiota* والجنس *Leucocoprinus* . ولقد أمكن عزل هذه الفطريات بصورة نقية وتنميتها فى المعمل على بيئات غذائية ، ونتج عن ذلك ميلسيوم أبيض يشابه ذلك الذى ينمو فى الحدائق الفطرية لحشرات النمل .

وفى تجربة لإنماء هذه الفطريات تحت ظروف تشابه تلك الموجودة فى جحور النمل – الذى يزرع فيها حدائقه الفطرية – تم استعمال بيئة حامضية غنية بالأحماض الأمينية ، مع رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٠,٥٪ .

وفى هذه التجربة ، نما المسيلوم الفطرى فى مجموعات؛ حيث كانت أطراف الهيفات منتفخة ومتجمعة فى عناقيد staphyla (شكل ٩ – ١٥) . ولقد تميزت أطراف الهيفات بالانتفاخات المستديرة bromatia ، أو ذات الشكل الصولجانى ؛ لذلك يطلق عليها اسم gongylidia . وتنتشر مثل هذه التراكيب فى الحدائق الفطرية داخل جحور النمل ؛ حيث تتغذى عليها اليرقات منذ خروجها من البيض ، حتى نهاية عمر الحشرة .

وعند دراسة توزيع الفطر وحشرات النمل التى تزرعه فى الطبيعة ، وجد أن كلا منهما لا يوجد منفردا ؛ حيث إن العلاقة بينهما علاقة تبادل منفعة إجبارية obligate symbiosis . وقد تكون هذه الحالة أكثر العلاقات المتبادلة تقدما ووضوحا بين الفطريات والحشرات .

ولكن ربما يتساءل البعض : ما الأسس الكيموحيوية التى تعتمد عليها هذه العلاقة ؟. لقد درس الباحثان (Martin & Martin (1970 ذلك على حشرات النمل *Atta colombicatonsipes*، وأوضحت النتائج التى تم الحصول عليها بعض القواعد والآليات التى تحكم علاقة تبادل المنفعة بين حشرات النمل والفطريات التى تزرعها .



شكل (٩ – ١٥) : مجموعة من أطراف الهيفات الفطرية المنتفخة المتجمعة فى شكــــل عنقــود Staphyla .

فعند إنماء الفطر على بيئة الاجار المغذى المحتوية على مصدر نتروجين ببتيـــدى معقد polypeptide nitrogen ، نما الفطر بصورة ضعيفة جدا ، وربما يرجع ذلك إلى افتقاد الفطر للإنزيمات الأساسية المكملة لتحليل البروتين ؛ وبالتالى فــــهو لا يســـتطيع الاستفادة من ذلك النتروجين البروتينى .

وحيث إن المادة المتاحة للفطر – لكى ينمو عليها داخل مستعمرات النمل – عبـــارة عن أوراق الأشجار المقطعة ، فإن المصدر النتروجينى الموجود بها يكون فى صـــورة بروتين . وعنـــدما يضيف النـــمل إلى هـــذه الأوراق بعضـــا مـــن مخلفاتـــه faecal materials (والتى تحتوى على بعض النواتـــج الإخـــــراجية النتروجينيـــة ؛ مثـــل : حامض ألانتويك allantoic acid ، ومادة ألانتوين allantion) يتوفـــر بذلـــك للفطـــر مصدر نتروجينى قابل للاستفادة فى صورة أمينية .

وعلاوة على ذلك ، تحتوى المواد الإخراجية للنمل على كميات كافية من الأمونيـــا، بالإضافة إلى حوالى واحد وعشرين حمضا أمينيا مختلفا ؛ أهمها الجلوتاميك glutamic acid ، والهستيدين histidine ، والأرجينين arginine ، والبرولين proline ، والليسين lysine ، والليوسين leucine . وتمثل هذه الأحماض الأمينية أكثر من ٨٠٪ من جملـــة الأحماض الأمينية المفرزة بواسطة حشرات النمل التى تزرع الفطريات .

وتعمل المواد السابقة على زيادة نمو الهيفات الفطرية ، ولكن من الملاحظ أن هـــذا التأثير المشجع للنمو يكون قصير المفعول ؛ نظرا لسرعة امتصاص الهيفات الفطريــــة للمواد المفرزة ، والتى تفرز – عادة – بكميات قليلة نسبيا .

وبالإضافة إلى ما سبق ، وجد أنه على الرغم من أن الإفرازات اللعابيــــة لحشـــرة النمل ليس لها نشاط فى تحليل البروتين protease activity ، إلا أن ذلك كان ملحوظا فى القطيرات المفرزة من الحشرة كمواد إخراجية faecal droplets . وعند تحليل هذه القطيرات الإخراجية ، وجد أنها تحتوى على ثلاثة إنزيمات محللـــه للـــبروتين : الأول إنزيم محلل للسيرين serine proteinase ، بالإضافة إلى إنزيمـــان يحلـــلان الرابطـــة الببتيدية metallo-peptidase . كما وجد أن هـــذه الإنزيمات ثابتة بدرجـــة كبـــيرة ، وذات قدرة تحليلية فائقة .

وعلى ذلك ، فإن الإفرازات الإخراجية لحشرات النمل تعمل كمواد إضافية تشجـــع التحليل المائى لبروتينات أوراق الأشجار ، التى يستخدمها النمل فى زراعة الفطـــر ؛ مما يعمل على زيادة نمو هيفات الفطر .

ولقد اعتقد الباحثان (Martin & Martin (1970 فـــى أول الأمـــر ، أن هـــذه الإنزيمات تعد إسهاما فعالا من النمل فى علاقته التشاركية مـــع الفطـــر الـــذى يقـــوم بزراعته ، ولكن نظرا لأن هـــذه الإنزيمات ذات طبيعة ثابتة غير قابلة للتحلل ، كمـــا أنها مقاومة بصفة عامة للتغير الطبيعى denaturation وللتثبيـــط deactivation ، وأن هذه الإنزيمات بطيئة التحلل بفعل الإنزيمات الأخرى المحللة للبروتين ، فإن ذلك يـــدل على أن هذه الإنزيمات ذات أصـــل ميكروبـــى ، وأنـــها مشتقـــة مـــن المحتويـــات السيتوبلازميـــة للهيفات الفطـــرية التى يتغـــذى عليها النمـــل . وعلـــى ذلـــك ، فـــإن حشرات النمل هذه تسهم إسهاما حيويا فى هذه العلاقة ، ولكنها مجرد ناقل للإنزيمـــات الفطرية .

وتدل هذه النتائج على أن النمل القاطع للأوراق يكتسب الإنزيمات الفطرية وينقلـــها من مكان ما فى المستعمرة ويخزنها ؛ حـــيث يكون الفطر المـــزروع فـــى الحدائـــق الفطرية فى مرحلة النمو السريع النشط والإنزيمات الفطرية مفرزة بوفرة ، ثـــم ينتقـــل النمل إلى مكان آخر فى المستعمرة ؛ حيث تكون أوراق الأشجار الطازجـــة مضافـــة حديثا ؛ فيقوم النمل بمضغها ونقل الإنزيمات الفطرية النشطة إليها ، مـــع جـــزء مـــن النموات الفطرية كلقاح أولى spawn .

ويعمل التحليل المائى المحدود لبروتين أوراق الأشجار الممضوغة بواسطة حشرات النمل على إمداد الفطر بمصدر نتروجينى مناسب ، يساعد على سرعة نمو هيفاته ، وخاصة فى المراحل المبكرة من النمو الفطرى . وخلال هذا الوقت يجهز الفطر نفسه إنزيميا ؛ تمهيدا للنمو السريع على قطع أوراق الأشجار فى المرحلة التالية .

وتعتبر المراحل الأولى من نمو الفطر على أوراق الأشجار فى الحدائق الفطرية هى أكثر مراحل النمو حرجا ؛ حيث يؤدى أى تقصير فى سرعة نموه الى اتاحة الفرصة لنمو هيفات فطريات أخرى ؛ سواء من التربة ، أم من سطح الأوراق نفسها ؛ حيث تنمو كمترمات ؛ منافسة فى ذلك نمو الفطر الاصلى ، والذى قد يثبط ، ويفشل النمل فى زراعة حديقته الفطرية المنشودة .

وحيث إنه لم يمكن إثبات وجود إنزيمات هاضمة محللة للبروتين يقوم النمل بتكوينها بنفسه ، فإن الأساس الحيوى لتأقلم حشرة النمل القاطع للأوراق مع بيئة النمو الفطرى لا يعتمد على إنتاج إنزيم محلل للبروتين بواسطة الحشرة ، ولكن يعتمد على نشاط الحشرة فى دعم النمو الفطرى وتوفير احتياجاته الغذائية من أوراق الأشجار ومضغها ، وأيضا تثبيط نمو الميكروبات الأخرى الملوثة لنمو الفطر المراد زراعته .

ويعمل كشط ومضغ شغالات النمل ذات الفكوك القوية لأوراق الأشجار على تحرير محتويات الخلايا النباتية (العصير الخلوى) ، وتصبح متاحة لهيفات الفطر ؛ حيث تمتصها مباشرة وتتغذى عليها . وعندما تنقل حشرات النمل لقاح الفطر الأولى إلى أوراق الأشجار الممضوغة ، فإن هيفات الفطر تنمو بسرعة ؛ منافسة الفطريات الأخرى المترممة ، والتى توجد – غالبا – على صورة جراثيم . وحيث ان هذه الجراثيم يجب أن تبدأ فى الإنبات أولا ، فإن ذلك يحتاج إلى وقت كاف لتكوين خيوط هيفية قصيرة ، تنمو – بعد ذلك – لتكوين ميسليوم فطرى يستطيع منافسة ميسليوم الفطر المزروع .

ويعتبر الفطر محللا للسيليلوز ؛ حيث تنتقل الإنزيمات المحللة إلى أجزاء فم حشرات النمل خلال تغذيتها على ميسليوم الحديقة الفطرية . وتعمل هذه الإنزيمات على تحليل السيليلوز إلى كربوهيدرات فطرية ؛ مثل الجليكوجين glycogen ، والترايهالوز trehalose ، والتى تتغذى عليها حشرات النمل .

ولما كان الإمداد الطبيعي للسيليلوز لانهائي – ممثلا فـــي أوراق الأشجـــار التـــي تقطعها هذه الحشرات وتزرع عليها الفطر – فإن الفطر ينمو على الســيليلوز الـــذى لا تستطيع حشرات النمل هضمه والاستفادة منه ، ويحوله إلى وجبة غذائية كاملة للنمـــل، من حدائقه الفطرية ذات القطوف الدانية .

ويحتوى الميسليوم الفطرى – الذى يكون حدائق النمل الفطرية – على أكـــثر مـــن نصف مادته الجافة مواد قابلة للذوبان فى الماء ؛ منـــــها ٢٧٪ كربوهيـــدرات ، و ٥٪ أحماضا أمينية حرة ، و ١٣٪ بروتـــينات، و ٠,٢٪ دهونا . بينما يحتوى المســـتخلص الدهنى على بعض الستيرولات الهـــامة مثل الأرجسترول ergostrol ، وهـــى مـــواد هامة تحتاج إليها يرقات النمل لاستكمال نموها الطبيعى . بالإضافة إلـــى فيتـــامين ب المعقد ، وخاصة فيتامين ب١٢ .

وعلى ذلك ، فإن قدرة نجاح حشرات النمل القاطع للأوراق علـــى الانتشـــار فـــى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية من العالم الجديد ، واعتمادها علـــى قطـــع أوراق الأشجار فى زراعة الفطر ، يعود إلى قدرة هذا الفطر على النمو ، وتحليل فتات أوراق الأشجار المختلفة ، وتجهيزه لغذاء مفيد لهذه الحشرات .

ولقد راعى النمل عند بناء جحوره – سواء فـــوق التربـــة أم تحتـــها – أن يكـــون تصميمها مناسبا لنمو الفطر من رطوبة وتهوية ؛ حتى يضمن له أفضل نمـــو . ولقـــد نجح النمل فى ذلك نجاحا منقطع النظير ؛ حتى فى البيئات الصعبة ؛ كالمنـــاطق شبـــه الصحراوية ، والغابات الاستوائية الممطرة .

ولقد شوهدت هـــذه الحـــدائـــق الفطـــرية الـــتى يزرعها النمل فى حدائق المدن ، والأراضى العشبية ، والمناطق الزراعية ، وبساتين الفاكهة ، وغيرها ؛ حيـــث يســـلب النمـــل أوراق الأشجار الاقتصادية التى يزرعها الإنسان ؛ مسببا دمارها .

ومما لا شك فيه ، أن هذه العلاقة بين حشرات النمل والفطر الـــذى تزرعـــه فـــى حدائقها الفطرية قد حققت نجاحا حيويا للطرفين ، بالمقارنة بالنمل الذى لا يقوم بزراعة وتربية الفطر . وفى الوقت الذى حقق كل من النمل الزارع للفطر والفطر الذى يزرعه النمل نجاحا فى تطوير أسلوب حيـــاته – لكى يمكنـــه النمو فى ظروف صعبة لا يمكن له النمو فيها ، ولا حتى الوجود منفردا – فإنه مقابل ذلك ، تنازل كل منهما عن جـــزء من حريته واستقلاله .

ومثل هذه العلاقة التكافلية بين النمل القاطع للأوراق والفطر الذى يزرعه ، لم يتم الوصول إليها بقفزةٍ تطوريةٍ مفاجئةٍ ، ولكن عن طريق سلسلةٍ من التوافقات الصغيرة المتتابعة اللانهائية .

ولا يمكننا أن نتصور كيف كانت طبيعة هذه العلاقات فى بداية تلك الحياة المشتركة ، ولكن من المحتمل أن يكون ذلك هو الاختيار الوحيد الذى كان متاحاً لهذا النوع من النمل ، فإما أن يكوّن مثل هذه العلاقة المشتركة مع الفطر ، وإما أن يتحمل مخاطر الموت جوعاً والانقراض .

ولا يستطيع أحد أن يتخيل الظروف التى كانت موجودةً منذ ملايين السنين، والتى دعت إلى بدء مثل هذه العلاقة – وغيرها – بين الكائنات الحية المختلفة ، وربما سوف تحدث علاقات أخرى بينها فى المستقبل ،ولكن مازالت طبيعتها بعيدة تماماً عن إدراكنا.

ومن العجيب أن بعض أنواع النمل التابعة للجنس *Formica* تقوم باسترقاق أنواع أخرى من النمل ؛ فمثلاً تهاجم شغالات النمل *F. sanguinea* أعشاش الأنواع الأخرى من النمل التابعة لنفس الجنس وتسرق العذارى ، وتقوم بنقلها إلى أعشاشها الخاصة . وعند خروج الأطوار الكاملة من العذارى المسروقة ، تصبح رقيقاً وعبيداً ، تقوم بالخدمة داخل أعشاش النمل السارق مقابل تناولها غذاءها ، ويطلق على هذه العلاقة " التطفل الاجتماعى Social parasitism " .

ومن المعروف أن النباتات والحيوانات التى تعيش بمفردها حياةً حرةً مستقلة ، دون الاعتماد على غيرها من الكائنات الحية ، تمثل قلة قليلة وسط عالم الأحياء . وهكذا نحن فى عالم البشر والدول ، فلا مكان لإنسانٍ منعزلٍ ، ولا لدولةٍ منفردةٍ .

فمع تقدم الحضارة وزيادة الرفاهية ، نفقد كثيراً من استقلالنا ؛ فإذا حرمنا من مساعدة الآخرين ، وخدماتهم ، وبضائعهم ، فقدنا الكثير . وعلى ذلك قدمنا جزءًا من حريتنا واستقلالنا الفردى – كما فعلت حشرات النمل من ملايين السنين – لنحصل على فرصةٍ نادرةٍ فى حياة اجتماعيةٍ أفضل ، سواء برغبتنا ... أم رغماً عنا .

ومازالت هناك أمثلة لبعض المجتمعات البشرية البدائية ، التى تعيش تلك الحياة الفردية فى بعض مناطق العالم ؛ مثل بعض الحطابين فى قارة أستراليا ؛ حيث مازالوا يتمتعون بحريتهم ، ولكنهم بعيدون كل البعد عن حياتنا الاجتماعية المتمدينة التى نحياها اليوم ، فأىٌّ منا يحسد الآخر ؟! .

جـ – حشرات النمل الأبيض (الأرضة) وفطرياتها :

تعيش جميع أنواع النمل الأبيض (الأرضة Termites) داخل مستعمرات فى حياة اجتماعيةٍ حقيقيةٍ عالية التطور ، وهى حشــرات حذرة ، تتحرك دائماً داخـــل أنفــاق طوال حياتها ، إلا أنها تظهر على سطح الأرض خلال فترات التناسل ، والبحث عـــن مستعمرات جديدةٍ .

وتنتشر هذه الحشرات فى جميع أنحاء العالم تقريباً ، وخاصة فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية . ويوجد نوع غابر من النمل الأبيض ، مازال يعيش حتى الآن فـــى شمال أستراليا، وهو الوحيد من نوعه ، واسمه العلمى *Mastotermes darwiniensis.* ولا يزال هذا النمل يثير الدهشة ، كأثر من اثـــار المـــاضى الســـحيق ، بمســـتعمراته الفسيحة، وعاداته الغذائية الرمرامية ، وتخريبه للمنشآت التى يصنعها البشر ، تخريبـــاً بربريًا مدمراً .

والنمل الأبيض من الحشرات المتخصصة فى الاغتذاء علـــى الســـيليلوز ، وهـــو المركب الغالب فى النظم البيئية الموجـــودة على اليابســـة ؛ وعلى ذلك فـــإن جـــزءا كبيراً من الطاقة المخزنة فى صورة مركباتٍ عضويةٍ نباتيةٍ يقـــع فـــى متنـــاول هـــذه الحشرات .

ولا تتعرض أخشاب الأشجار الحية للهجوم عادة ، ولكن الخشب الأصم والـــهالك ، وأفرع الأشجار والحشائش الحية والميتة ، وأوراق الأشجار والبـــذور والدبـــال وروث الحيوانات ، وغير ذلك من مواد سيليلوزية ، تهاجم من قبل أنواع عديـــدة مـــن النمـــل الأبيض ، متخصصة بطبيعتها فى قرض الأغذية الصلبة .

وتعتبر هذه الحشرات بدائية التطور ، وهى لاتتشابه مع النمل العادى ، ولكنها تشبه الصراصير فى كثير من الصفات . وتعتمد حشرات النمل الأبيـــض البدائيـــة lower termites على البروتوزوا الموجودة فى قناتها الهضمية لهضم السيليلوز ؛ شأنها فـــى ذلك شأن الأبقار التى تعتمد على البكتيريا الموجودة فى كرشها لهضم ســـليلوز العلـــف الذى تتغذى عليه .

وفى المناطق الاستوائية ، يعد النمل الأبيض نظيرا بيئيا لدودة الأرض ، التى تنتشر فى أراضى المناطق المعتدلة ؛ حيث يلعب دورا هاما فى تفتيت وتحسين صفات التربة. وحيث إن الخشب هو من مواد البناء الهامة ، ويعـــد مصدرا لعديـــد مـــن المنتجـــات

المفيدة للإنسان ، فإن هذه الحشرات تعتبر الآفة الرئيسية للخشب في كل من المنطقتين المعتدلة والاستوائية .

وتفتقد حشرات النمل الأبيض المتقدمة higher termites (Termitidae) - والتى تمثل حوالى ثلاثة أرباع هذه الحشرات - وجود البروتوزوا والبكتيريا فى قناتها الهضمية ، وبدلا منها فإنها تعتمد على الفطريات فى تحليل السليلوز ، شأنها فى ذلك شأن حشرات النمل التى تزرع حدائقها الفطرية .

وفى المناطق الاستوائية ، تبنى بعض حشرات النمل الأبيض من الجنس *Microtermes* مستعمراتها تحت سطح الأرض تسمى tremendous nests ، تتكون من عديد من الأنفاق والحجرات التى تزرع فيها الفطريات ، مشابهة فى ذلك النمل القاطع للأوراق .

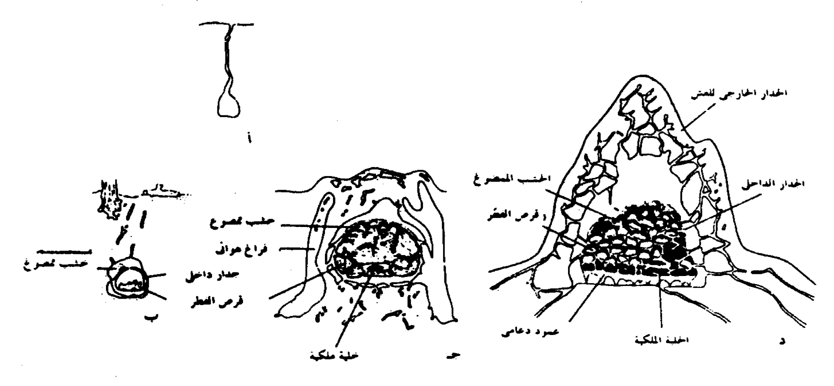
وهناك نوع آخر من حشرات النمل الأبيض من الجنس *Macrotermes* ينتشر فى مناطق السافانا الاستوائية ، تبنى أعشاشها فوق سطح الأرض من الطين اللبن adobe clay ، تأخذ شكل الأبراج العالية ؛ حيث يبلغ ارتفاعها حوالى عشرة أمتار . ويطلق على هذه الأبراج اسم قرية الأرضة termaterium .

وتمتد الممرات من قرية الأرضة تحت سطح الأرض إلى مصادر الغذاء ، التى تبعد - عادة - أكثر من مائة متر . وفى أنواع قليلة ، تخرج الشغالات ساعية فى الخلاء أثناء الليل وراء رزقها . وتوفر قرية الأرضة الحماية لأفرادها من المفترسات ، كما تعمل على تنظيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخل العش .

ولقد تمكنت تحت فصيلة أفريقية (هى Macrotermitinae المنتشرة فى العالم القديم) من السيطرة على المناخ الداخلى للعش ، وتهيئته بما يتناسب مع نمو الفطر *Termitomyces* ؛ وهو من فطريات عيش الغراب ، التى تقوم حشرات النمل الأبيض بزراعتها واستخدامها كطعام شهى ، مشابهة فى ذلك طريقة تنمية الحدائق الفطرية التى يزرعها النمل القاطع للأوراق من الجنس *Attine* فى العالم الجديد .

ويعد الفطر من المكونات الطبيعية لمساكن النمل الأبيض ؛ حيث تقوم شغالاته بجمع الأجزاء النباتية الملقاة على سطح الأرض ، ثم تمضغها وتزرع عليها الفطر *Termitomyces* فى أقراص إسفنجية من المواد النباتية ، ثم تضيف إليها ما تجمعه من

براز اليرقات ، وتلصقها بالمواد النباتية عن طريق إفرازاتٍ غديةٍ لاحمةٍ ؛ بحيث تشبه هذه الأقراص قرص العسل ، ويصبح قوامه فِلّينيًا (شكل ٩ - ١٦) .



شكل (٩ - ١٦) : مراحل تكوين أبراج النمل الأبيض Termiti من النوع *Macrotermes bellicosus* وانشاء قرية الأرضة Termaterium .
أ = حفرة صغيرة حفرها زوج من الحشرات .
ب = بداية تكوين العش تحت سطح الأرض .
جـ = تكوين الأقراص الإسفنجية وزراعة الفطر عليها .
د = تركيب عشٍ ناضج ، يوضح ارتفاع البرج عن سطح الأرض ، وسمك الجدار ، وأنابيب التهوية المتفرعة .

وتنمو هيفات الفطر على سطح هذه الأقراص الإسفنجية ، مكونة عديداً من الكريات الصغيرة التى يتراوح قطرها بين نصف ملليمتر وملليمترين اثنين . وتتغذى حشرات النمل الأبيض بصورةٍ دائمةٍ على أقراص الفطر هذه ، ثم تستبدل بها أخرى .

وليس من المستغرب التغذية على البراز فى عالم الحشرات ؛ حيث إن بعض أنواع النمل الأبيض الأخرى تتناول الغذاء الشرجى بطريقةٍ منتظمةٍ . ويبدو أن المركبات ذات الأصل النباتى الموجودة فى البراز ، يعاد هضمها بواسطة الفطر ، الذى يحلل اللجنين الموجود بها ؛ وبذلك يتم استخلاص السليلوز ؛ ليتعرض بعدئذٍ لفعل البكتيريا .

وتمثل الهيفات الفطرية جزءا من غذاء النمل الأبيض ، وهذا الارتباط التكافلى مع الفطر *Termitomyces* يوازى ما يفعله النمل زارع الفطريات من قبيلة أتلينى Tribe : Atlini فى العالم الجديد ، وعلاقته بعديد من الفطريات البازيدية .

وتتغذى جميع أفراد مستعمرة النمل الأبيض على الأقراص الإسفنجية السابق ذكرها، والتى تحتوى على النموات الفطرية . وتحتوى هذه الأقراص على مواد غذائية عالية القيمة ، بالإضافة إلى بعض الفيتامينات الخاصة المشجعة للنمو special growth promoting vitamins (Christensen, 1965) .

ويلتهم النمل الأبيض هذه الأقراص الإسفنجية الفطرية بعد أن تصل إلى درجة النضج ، ثم يستبدل بها أقراصا أخرى جديدة ، يتركها حتى تنمو عليها هيفات الفطر، وعند نضجها يتغذى عليها ويجهز غيرها ... وهكذا .

ولقد درس الباحثان Martin & Martin (1978,1979) طبيعة العلاقات المشتركة بين كل من حشرات النمل الأبيض *Macrotermes natalensis* وبعض الأنواع التابعة للفطر *Termitomyces* . ففى هذه الحشرات التى تتعايش مع الفطر السابق ، يتم هضم الجدر السيليلوزية النباتية فى قناتها الهضمية بواسطة الإنزيمات المحللة للسيليلوز ، التى تتحرر من هيفات الفطر خلال تمزقها عند تغذية الحشرة عليها . أما إذا تغذت حشرات النمل الأبيض على مواد سيليلوزية (مثل الخشب) دون وجود أية نموات فطرية ، فإن هذه الحشرات تموت جوعا .

ويتركب السيليلوز من β - 1.4 glucan ، ويشترك فى تحليله المائى أكثر من إنزيم واحد . ففى بادئ الأمر ، يتحلل جزئ السيليلوز إلى سلاسل مستقيمة من الجلوكان بواسطة الإنزيم الأول (E1) ؛ وهو عبارة عن إنزيم Exo - β - glucanase ؛ حيث يعمل على إزالة وحدات السيلوبيوز من سلسلة الجلوكان ، وإنزيم Endo - β - glucanase المتخصص فى فك الرابطة الهيدروجينية بين سلاسل الجلوكان.

ويعمل الإنزيم الثانى (E2) على تحليل سلاسل الجلوكان المستقيمة تحليلا مائيا إلى مركبات أخرى ذات وزن جزئى منخفض ؛ مثل الجلوكوز والسيلوبيوز . وبعد ذلك يتحلل السيليوبيوز cellobiose – بدوره – تحليلا مائيا بواسطة إنزيم β - glucosidase إلى جلوكوز .

وتتم معظم مراحل تحليل السليلوز فى المعى الأوسط mid gut لحشرة النمل الأبيض، أكثر منها فى زوائد المعى الخلفى paunch ؛ حيث توجد الإنزيمات اللازمة لتحليل السيليلوز تحليلاً مائيًا . كما وجد أن الغدد اللعابية وطبقة الخلايا الطلائية epitheelium تُفرزان إنزيم β - glucosidase ، بينما لا تُفرز منهما بعض الإنزيمات الأخرى الهامة فى تحليل السيليلوز ؛ مثل β - gluconase ؛ مما دعا الباحثين Marten & Marten إلى الاعتقاد بأن مصدر الإنزيم الأخير هو ميسليوم الفطر نفسه ، الذى تقوم حشرات النمل الأبيض بزراعته والتغذية عليه ؛ وبذلك تكتسب هذه الحشرات هذا الإنزيم من هيفات الفطر ، التى تتمزق خلال تغذية الحشرة عليه .

ويمكن لحشرة النمل الأبيض هضم السيليلوز فى معدتها الوسطى mid gut ، إن توفرت الإنزيمات الفطرية المكتسبة acquired fungal enzymes ، وعلى ذلك فإن هذه الحشرات تعتمد على هيفات حدائقها الفطرية فى الحصول على هذه الإنزيمات .

ولقد وضع Martin & Martin (1979) نظرية فرضية ، تعتمد على احتمال وجود الإنزيمات المحللة للسيليلوز فى معى الحيوانات المفصلية التى تتغذى على الخشب والمخلفات العضوية النباتية من أصلٍ فطرىّ ؛ حيث يتم اكتساب هذه الإنزيمات مباشرةً من هيفات الفطر التى تتمزق خلال تغذية هذه الحيوانات على ميسليوم الفطر الموجود طبيعيًا على هذه المواد العضوية ، أو من المواد العضوية التى أفرز عليها الفطر إنزيماته المحللة خلال نموه عليها .

وبناءً على ذلك ، فمن المحتمل أن إنزيمات القناة الهضمية لعديدٍ من الحيوانات اللافقارية – التى تتغذى على أوراق الأشجار – قد يكون مصدرها هيفات الفطريات التى تنمو طبيعيًا على سطوح الأوراق . وعند تغذية هذه الحيوانات على هيفات الفطر، تتمزق وتنفرد منها الإنزيمات الفطرية المحللة للسيليلوز . ولقد أكد هذا الافتراض وجودُ هيفاتٍ فطريةٍ متحللةٍ داخل معى معظم هذه الحيوانات اللافقارية .

وتحتوى كرات البراز faecal pellets – التى تجمعها حشرات النمل الأبيض ، وتستعملها فى زراعة الفطر – على نسبةٍ عاليةٍ من اللجنين تفوق نسبة السيليلوز ؛ ويرجع ذلك إلى تحلل السيليلوز فى معى الحشرات بفعل البروتوزوا والبكتيريا . وعندما يستخدم النمل الأبيض براز هذه الحشرات فى صناعة الأقراص الإسفنجية

ويزرع عليها الفطر ، فإن الهيفات الفطرية تنمو عليها ، وتحلل اللجنين إلى مركبات أقل تعقيدا؛ تصلح لأن تكون غذاءً مناسباً لحشرات النمل الأبيض .

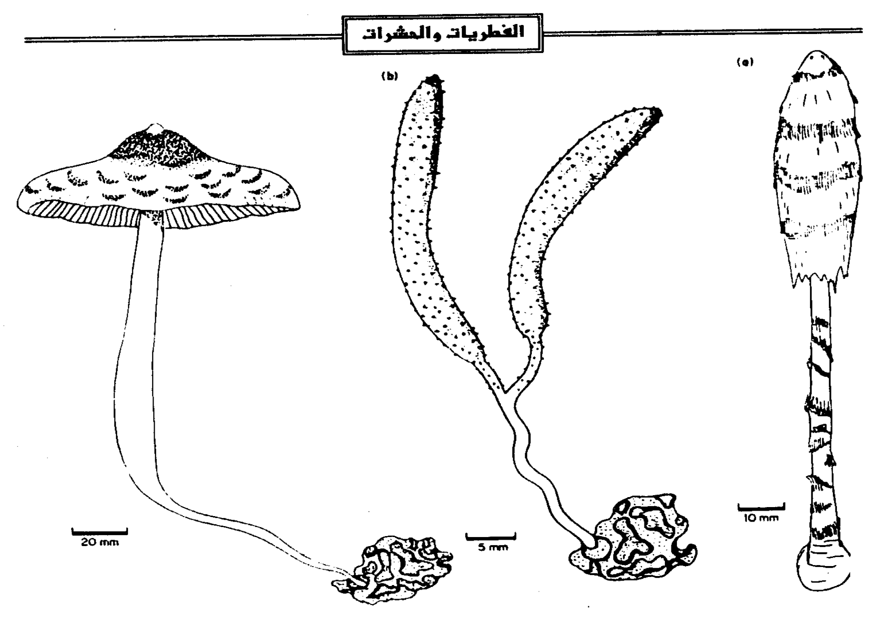
ويبدو أن حشرات النمل الأبيض لا يمكنها اكتساب إنزيمات تحليل اللجنين ذات الأصل الفطرى ، وحيث إن تحليل اللجنين عبارة عن عملية أكسدة أكثر منها تحليلا مائيًا ، فإن هذه الإنزيمات المحللة للجنين ربما لا تكون فعالة فى معى الحشرات ، بسبب انخفاض تركيز الأكسوجين بها . ويعتقد – من ناحية أخرى – أن بعض نواتج تحليل اللجنين قد تكون ضارةً بالتمثيل الغذائى لهذه الحشرات .

وترتبط أنواع عديدة من حشرات النمل الأبيض termites بعلاقةٍ تكافليةٍ إجباريةٍ obligate association مع بعض أنواع الفطر البازيدى *Termitomyces* . وحيث إن هذا الفطر يتبع فطريات عيش الغراب ذات الطبقة الخصيبة Hymenomycetes ، رتبة الأجاريكالات Agaricales ، فإنه يكوّن ثمارا بازيدية كبيرة الحجم ، لا تتكون إلا بعد أن يهجر النمل الأبيض جحوره ، ويكف عن التغذية على ميسليوم الفطر ؛ فيترك للفطر فرصة النمو وتكوين الثمار ، والتى لا يمكن تكوينها خلال وجود حشرات النمل الأبيض التى تتغذى عليه باستمرار .

وتتكون ثمار عيش الغراب هذه فى بداية الفصل الممطر ؛ وهى ثمار ذات ساقٍ طويلةٍ للغاية ، قاعدتها نحيلة ، تنتهى بشكلٍ يشبه الجذر يطلق عليه اسم الجذر الكاذب pseudorrhiza (شكل ٩ – ١٨) .

ويبدأ ظهور هذه الأجسام الثمرية فى الأقراص الإسفنجية السابق تكوينها بواسطة حشرات النمل الأبيض من المخلفات السيليلوزية النباتية ، وبراز الحشرات وهيفات الفطر ؛ حيث إن ذلك التركيب يساعد الثمرة البازيدية على التمدد لأعلى ، بارزةً من أعشاش النمل أو حول أبراجه العالية فى قرية النمل الأبيض السابق وصفها .

ولهذه الأجسام الثمرية قيمة غذائية عالية ؛ حيث تجمع وتباع تجاريًا ، وتستعمل كغذاء شهى للإنسان فى جميع المناطق التى ينتشر فيها النمل الأبيض ؛ فمثلاً تنمو مثل هذه الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب *T. robustus* (شكل ٩ – ١٧) بأعدادٍ كبيرةٍ حول أبراج النمل الأبيض فى غابات نيجيريا . ويطلق الأهالى هناك على هذا الفطر اسم " ايوى ewe " ومعناها (الذى يتمدد to expand) ، وترجع هذه التسمية إلى طريقة تكوين الجسم الثمرى ، وتمدد قبعته ذات الشكل المستدير ، والتى يبلغ قطرها حوالى ٢٠ سنتيمتراً .



شكل (٩ – ١٧) : الأجسام الثمرية لبعض فطريات عيش الغراب التى يزرعها حشـــرات النمـــل الأبيض Termites فى اعشاشها وأبراجها العالية .

A – الفطر *Podaxis pistillaris* والذى يتبع فطريات عيش الغراب المعدية gasteromycetes ، ذات الجسم الثمرى المعنق .

B – الفطر *Xylaria termitum* ، جسم ثمرى أسكى يظهر فـــوق ســـطح التربة ، ناميا من قطعة قديمة من القرص الإسفنجى .

C – الفطر *Termitomyces robustus* ، جسم ثمرى ذو ساق طويلة نـــام من جزء من القرص الإسفنجى .

ولما كان ظهور هذه الأجسام الثمرية يرتبط ببداية فصل سقوط الأمطار هناك ، فإن ذلك التوقيت يطلق عليه الأهالى eji ewe ، حيث إن كلمة eji معناهـــا بلغـــة الأهـــالى الدارجة (أمطار) ، وعلى ذلك فإن بداية الفصل الممطر هو – فى الحقيقـــة – بدايـــة فصل تكوين الأجـــسام الثمرية لهذاالفطر ؛ وبالتالى فهى أمطار الفطر الـــذى يزرعـــه النمل الأبيض *T. robustus*-rains . ويجمع الأهالى هذه الثمار ، ويعرضونـــها للبيـــع على جانبى الطرق ، أو فى الأسواق المحلية ، ويقبل عليها الأوربيـــون لطعمها اللـــذيذ وقيمتها الغذائية العالية (Hudson, 1986) .

وتنتشر فى زامبيا أنواع أخرى من فطريات عيش الغراب التى يزرعها النمل الأبيض فى أبراجه ، والتى تتبع الجنس *Termitomyces* ، ومن العجيب أن أحد الأنواع التابعة لهذا الجنس ، وهو الفطر *T. titanicus* يكوّن ثمارا عملاقة من عيش الغراب ، يصل قطر قبعتها القرصية الشكل إلى أكثر من متر .

ولقد اهتم كثير من الباحثين بمحاولة تفسير سلوك فطريات عيش الغراب الاستوائية القديمة palaeotropical mushrooms من الجنس *Termitomyces* ، وعلاقته الغامضة بالنمل الأبيض Termites ؛ مثال ذلك (1977) Heim فى أفريقيا الوسطى ، و (1979) Batra & Batra فى الهند ، و (1966 , 1967) Alasoadura فى نيجيريا ، و (1982) Bels & Pataragetvit فى تايلاند .

وفى دراسة قام بها (1987) Piearce الباحث بمعهد بحوث الغابات بمدينة كيتو بزامبيا ، وجد فيها أن ثمار عيش الغراب من الأنواع *Termitomyces spp.* تظهر فى موسم قصير ، يبدأ مع سقوط الأمطار من نهاية شهر نوفمبر إلى بداية شهر يناير ، وغالباً ما ينتهى الموسم مع نهاية ديسمبر من كل عام . ويتم جمع ثمار هذا الفطر بأعدادٍ كبيرةٍ ، وتباع بسعرٍ جيدٍ .

ويجتهد جامعو ثمار عيش الغراب البرية فى البحث عن هذه الثمار ، والتى توجد فى علاقة تعايشٍ إجبارىّ مع حشرات النمل الأبيض من تحت العائلة Macrotermitinae . وتقع زامبيا فى مركز انتشار حشرات النمل الأبيض التابعة لتحت هذه العائلة فى أفريقيا الاستوائية .

وتتميز الأنواع التابعة للجنس *Termitomyces* بأنها تكوّن أجساماً ثمرية كبيرة الحجم؛ حيث يمكن التمييز بينها عن طريق حجم الجسم الثمرى ، ولون القبعة ، وطبيعة لحم الثمرة ، وتكوين قتبٍ عند مركز القبعة ، ووجود – أو غياب – الحلقة الغشائية عند قمة الساق أسفل القبعة (شكل ٩ – ١٨) .

كما تختلف هذه الصفات تبعاً لأسلوب بناء الأقراص الإسفنجية من المواد النباتية التى تجمعها شغالات النمل الأبيض وتقوم بمضغها . ويختلف مكان تكوين هذه الأقراص الإسفنجية combs ، فقد تكون فوق أرضيةٍ أو تحت أرضيةٍ تبعاً لنوع مستعمرة النمل الأبيض التى تقوم بزراعة فطر عيش الغراب .

وعادةً لا يتزامن ظهـــور الأجـــسام الثمريـــة لفطـــر عيـــش الغـــراب مـــع وجـــود الأفـــراد الخصبة المجنحة من النمل الأبيض ، ومع ذلك فإن هناك توافقا زمنيًا ومكانيًا بين ظهور حشود النمل الأبيض وإنتاج الأجسام الثمرية لفطر عيش الغـــراب ، مما يدل على وجود علاقةٍ قويةٍ بينهما .

ويعتقد أن إنتـــاج الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب يكون نتيجة طبيعيـــة لزيـــادة نمو هيفات الفطر على الأقراص الإسفنجية التى يكونها النمل الأبيض termite combs، وخاصة بعد توقف هذا النمل عن التغذية عليها .

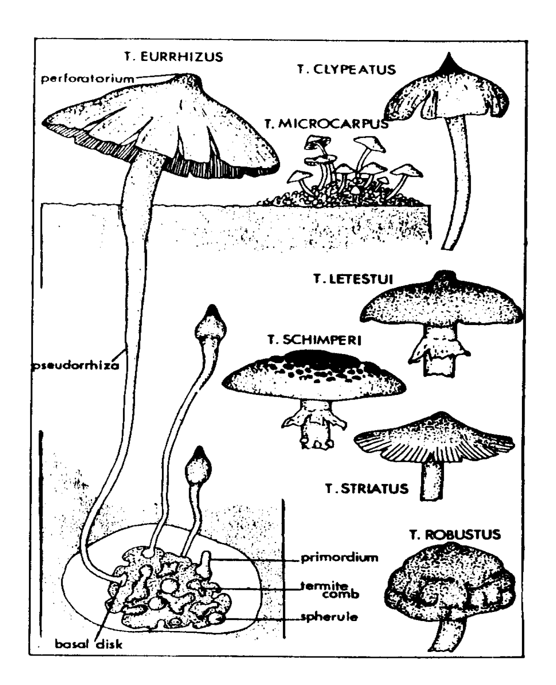
ولقد وجدت أنواع مختلفة من ثمار عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* فى زامـــبيا (Piearce, 1987) ؛ مـــثال ذلـــك : *T. medius* ، و *T. clypeatus* ، و *T. eurrhizus* ، و *T. microcarpus* ، و *T. schimperi* ، و *T. titanicus* ، بالإضـــافة إلـــى الفطـــريـــات : *T. letestui* و *T. striatus* ، و *T. globulus* ، و *T. robustus* ، و *T. mammiformis* .

ويعتبر الفطر *T. titanicus* من فطريات عيش الغراب العملاقة الشائعة الانتشار فى زامبيا . وهو من الأنواع المأكولة الشهية ؛ إذ يباع فى الأسواق المحلية وعلى جـــانبى الطرق السريعة ؛ حيث يقبل عليه الأهالى والأجانب (لوحة ملونة رقم ١٠) .

ويمكن التعرف على الأجسام الثمرية لفطـــر عيش الغراب من نوع *T. schimperi* عن طريق الحـــراشيـــف التى تتنـــاثر عـــلى القـــبـــعة والســـاق ، وأيضـــا عنـــد الفحـــص الميكروسكوبى لمنطقة الخياشـــيم ؛ حيث تـــشاهـــد تـــراكيب العوايمدات cystidia ذات الخلايا المقسمة .

ومعظم الأجسام الثمرية التى يتم جمعها فى زامبيا من هذا النوع من فطريات عيش الغراب لا يزيد قطر قبعتها على ١٥ سنتيمترا ، وذات ساقٍ قصـــيرةٍ ، يطلـــق عليـــها اســـم " الجـــذر الـــكاذب pseudorrhiza ". كما تتميز القبعـــة بوجـــود منطقةٍ مرتفعةٍ (قتبٍ) عند مركزها ، كما أن الحلقة المتكونة عند قمة الساق تكون غير مستديمةٍ .

وتتميز الأجسام الثمـــرية لفطـــر عيش الغراب *T. eurrhizus* بالقبعة البنية الملساء ذات الملمس اللزج ، والساق الطويلـــة المستدقة الطرف التى يصل طولها إلى حوالـــى متر . وتكون هذه السيقان الطويلـــة منحنية – عادةً – ومغطـــاةً بطبقةٍ فلينيـــةٍ ســـوداء اللون .



شكل (٩ - ١٨) : الأجسام الثمرية لبعض فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* .

ولقد جمعت عينات مختلفة من الفطر *T. eurrhizus* ، تميز بعضها بوجود حلقةٍ عند قمة الساق . وكذلك عند اختبار البصمة الجرثومية لها وجد أن بعضها ذو جراثيم قرنفلية اللون ، والبعض الآخر ذو جراثيم بيضاء كثيفةٍ . ويبدو أن الرطوبة الجوية تؤثر فى طبيعة نمو هذه الأجسام الثمرية ، وفى لون الجراثيم ؛ حيث لوحظ أن الجراثيم القرنفلية اللون كانت من ثمار جُمعت من مناطق رطبة .

وكذلك تم جمع ثمار عيش الغراب للفطر *T. clypeatus* التى تتميز بالقبعات البنية التى تميل إلى اللون الرمادى ، والتى يظهر فى مركزها ارتفاع ملحوظ (قتب) . كما تميزت سيقانها بالطول ، وكانت بيضاء اللون ذات لحم ليفى متماسك . وتظهر هذه الثمار – عادة – من مستعمرات النمل الأبيض غير المتعمقة تحت سطح الأرض فى صورة تجمعات ثمرية .

وتنتشر الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب *T. medius* فى جمهورية أفريقيا الوسطى ، ويعتبر هذا النوع من عيش الغراب وسطا فى صفاته بين النوعين *T. clypeatus* و *T. microcarpus* . وتنمو ثمار هذا الفطر فى مجموعات تخرج من مستعمرات النمل الأبيض غير المتعمقة تحت سطح الأرض . ويتم خروج هذه الثمار على هيئة مجموعة من السيقان المتفرعة ذات اللون الرمادى تغطيها زوائد شعرية كثيفة shaggy stipes .

وهناك أنواع أخرى من فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* والتى يزرعها النمل الأبيض فى عشوشه؛ مثال ذلك : الفطر *T. microcarpus* ذو الثمار الصغيرة ، والتى تظهر بأعداد وفيرة على التلال التى يبنيها النمل الأبيض فوق سطح الأرض .

ولقد لوحظ تبادل ظهور أنواع ثمار عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* فى عشوش النمل الأبيض فى زامبيا من سنة إلى أخرى . وربما ترجع هذه الظاهرة إلى تداخل نمو هيفات هذه الأنواع الفطرية على الأقراص الإسفنجية التى تجهزها شغالات النمل الأبيض ؛ بحيث تظهر ثمار الأنواع المختلفة بالتناوب فى تتابع سنوى .

ولفهم طبيعة المعايشة بين حشرات النمل الأبيض وهذه الفطريات ، فإنه يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن ذلك التعايش هو جزء من شبكة التعايش المعقدة فى البيئة الحيوية التى تعيش فيها هذه الحشرات . ويبدو أن حشرات النمل الأبيض مازالت تحتفظ بالمفتاح الحقيقى للتخصص مع الجنس *Termitomyces* ، والذى يعتبره النمل الأبيض سرا من أسرار حياته الغامضة .

ولقد اهتم بعض الباحثين بدراسة الاختلافات الكيموحيوية بين ثمار الأنواع المختلفة من عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* ؛ والتى قد تساعد على فهم سر العلاقة بين هذه الفطريات والنمل الأبيض ، إلا أن نتائج مثل هذه الدراسات لم

تُظهر أى اختلاف معنوى ، اللهم إلا أن بعض الأنواع كانت تحتوى على مادة البيراميدون pyramidon ؛ وهى مادة مؤكسدة oxidising agent ، و خاصة فى الأنواع من عيش الغراب ذات الثمار الصغيرة .

كما اهتم باحثون آخرون بجمع ثمار الأنواع المختلفة من فطريات عيش الغراب السابقة، وكذلك عينات من الأقراص الإسفنجية التى يزرعها النمل الأبيض فى عشوشه، وتم عزل وإنماء مثل هذه الفطريات بصورةٍ نقيةٍ على بيئاتٍ صناعيةٍ فى المعمل لدراستها .

وفى تجربةٍ أخرى ، تم تحضين الأقراص الإسفنجية السابق جمعها ؛ وذلك فى المعمل تحت ظروفٍ تشابه عشوش النمل الأبيض ، إلا أن نتيجة ذلك كانت مدهشة ، فلم تظهر أية أجسام ثمريةٍ لفطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* ، ولكن ظهرت بدلاً منها أجسام ثمرية من الجنس *Xylaria* .

ولقد لوحظ – أثناء هذه التجربة – ظهور نمواتٍ فطريةٍ عبارة عن ميسليوم أبيض اللون قطنى الشكل ؛ يكّون حشياتٍ كونيدية conidial stroma . ومازالت العلاقة بين الفطرين *Xylaria spp.* و *Termitomyces spp.* داخل عشوش النمل الأبيض غامضة وتحتاج إلى مزيدٍ من الدراسة .

ومن ناحية أخرى ، لاحظ عديد من الباحثين وجود ارتباط بين نوع النمل الأبيض وفطر عيش الغراب الذى يزرعه ؛ فعلى سبيل المثال وجد Doidge (1950) أن النمل الأبيض *Odontotermes badius* يقوم بزراعة الفطر *Termitomyces eurrhizus* فى أفريقيا الجنوبية ، وكذلك وجد Coaton (1961) أن النمل الأبيض *Ancistotermes lactinotus* يزرع الفطر السابق فى زامبيا .

ويوضح الجدول (٩ – ١) الأنواع التابعة لفطر عيش الغراب من الجنس *Termitomyces* وعوائلها من النمل الأبيض Termite hosts التى تقوم بزراعتها فى زامبيا (عن Piearce, 1987) .

وتعتمد حشرات النمل الأبيض فى تغذيتها على الفطر *Termitomyces* من خلال قدرته على تحليل اللجنين فى الأقراص الإسفنجية التى تجهزها شغالات النمل من الأجزاء النباتية التى تقوم بجمعها . ولا تدخر هذه الشغالات جهداً فى تدمير الخشب الخام والمنتجات الخشبية ؛ حيث تعتبر إحدى الآفات المدمرة للغابات فى زامبيا (Piearce, 1987) ، وتتم مكافحتها باستعمال المطهرات الحشرية المحتوية على المادة الفعالة الدرين Aldrin .

جدول (٩ - ١) : أنواع فطر عيش الغراب من الجنس *Termitomyces* وعوائلها من النمل الأبيض التى تقوم بزراعتها فى زامبيا .

أنواع الجنس **Termitomyces**	عائل النمل الأبيض
١ - الفطر *T. clypeatus*	*Odontotermes lacustris* *Macrotermes falciger*
٢ - الفطر *T. eurrhizus*	*Pseudacanthotermes spiniger*, *Ancistotermes lactinotus*, *Odontotermes sp.*
٣ - الفطر *T. letestui*	غير معروف عائلة من النمل الأبيض
٤ - الفطر *T. medius*	*Odontotermes patruus*
٥ - الفطر *T. microcarpus*	*Odontotermes badius*. *Odontotermes sp.* (epigeal form) (الانواع التي تكون عشوشها فوق سطح الارض)
٦ - الفطر *T. microcarpus*	*Odontotermes sp.* (subepigeal form) (الأنواع التي تكون عشوشها تحت سطح الأرض)
٧ - الفطر *T. schimperi*	*Odontotermes parruus*
٨ - الفطر *T. titanicus*	*Pseudacanthotermes spiniger*

وتعتبر مكافحة حشرات النمل الأبيض مكلفة للغاية ، والبديل الأقل تكلفة هو مكافحة الفطر *Termitomyces* باستعمال المطهرات الفطرية . ويهتم بهذا الاتجاه – حاليا – معهد التنمية والبحوث الاستوائية فى لندن The Tropical Development & Research Institute ، وكذلك عن طريق المكافحة الحيوية لكسر رابطة التعايش الإجبارى بين الحشرة والفطر .

كما تعتبر العلاقة بين الفطر وحشرة النمل الأبيض *Termitomyces - Termite* Relationship من العلاقات المعقدة المتشابكة ، التى تجذب كثيراً من الباحثين لدراستها ومحاولة فهم أسرارها ، كما أن القضاء على النمل الأبيض فى المناطق التى أعيد تشجيرها يعنى فقد محصولٍ من ثمار عيش الغراب من الجنس *Termitomyces* ذى القيمة الغذائية والتجارية العالية ؛ والتى لا يمكن زراعتها صناعيًا ؛ نظراً لأن مصدرها الوحيد هو عشوش النمل الأبيض .

وحيث إن هذه الأنواع من فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Termitomyces* شائعة الانتشار فى أفريقيا الاستوائية ، ويقبل عليها الأهالى – إذ يعتبرونها غذاءً شعبيًا عالى القيمة الغذائية – فإن تدمير مصادرها عن طريق مكافحة النمل الأبيض يسبب خسارةً كبيرةً لا يمكن إغفالها .

وعلى ذلك ، فإن هناك اتجاها لزراعة مثل هذه الأنواع من فطريات عيش الغراب صناعيا دون الحاجة إلى وجود حشرات النمل الأبيض ، إلا أن ذلك لم يتحقق بعد ، ومازالت أسرار زراعة هذه الأنواع من عيش الغراب مجهولة لنا ، ولن يبوح النمل الأبيض بهذا السر لأحد .

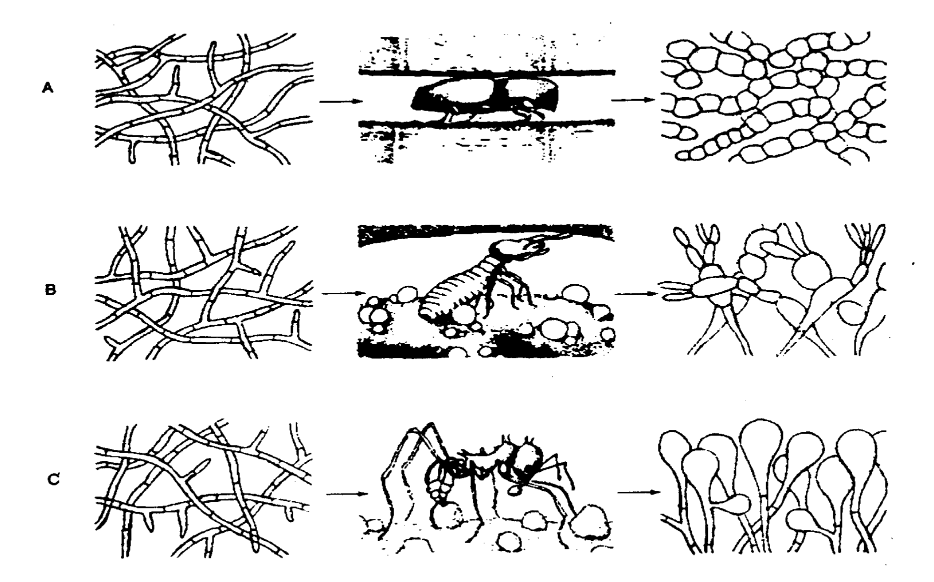
وتعتبر هذه الأنواع من فطريات عيش الغراب أكثر الأنواع شيوعا في زامبيا ، وهى جزء لا يتجزأ من التراث الشعبى الذى تجب المحافظة عليه ، والذى يمتد لعديد من الدول الأفريقية الأخرى المجاورة .

ويزرع النمل الأبيض – عادة – نوعا واحدا من الفطريات التابعة للجنس *Termitomyces* ، ولكن هذه الأنواع قد تختلف من مكان إلى أخر . وقد ثبت – حديثا – وجود فطريات أخرى يقوم النمل الأبيض بزراعتها ؛ بعضها يتبع الفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes ؛ مثل الفطر *Podaxis pistillaris* شكل (٩ – ١٧) ، الذى يزرعه النمل الأبيض من الجنس *Trinervitermes* .

وليست جميع الفطريات التى يزرعها النمل الأبيض تابعة للفطريات البازيدية Basidiomycotina ، بل إن بعضها يتبع الفطريات الأسكية Ascomycotina ؛ فعلى سبيل المثال ، يزرع النمل الأبيض من الجنس *Odontoterms* الفطر الأسكى *Xylaria nigripes* ، ويزرع النمل الأبيض من النوع *Macrotermes natalensis* الفطر الأسكى *X. furcata* . ولقد وجد أيضا أن حشرات النمل الأبيض السابقة *M. natalensis* تقوم بزراعة أحد الفطريات البازيدية من الجنس *Termitomyces* التابع لرتبة الأجاريكالات Agaricales ؛ وهو أحد أنواع فطريات عيش الغراب ذات الجراثيم البنفسجية اللون ؛ حيث تزرعه هذه الحشرات فى أماكن أخرى .

ولا تتكون الأجسام الثمرية لهذه الفطريات البازيدية أو الأسكية السابقة ، إلا عندما يهجر النمل أعشاشه وأبراجه ، ويكف عن التغذية على النموات الفطرية ، حينئذ تتاح لها الفرصة – أخيرا – للنمو وتكوين أجسامها الثمرية الكبيرة .

ولقد ناقش عديد من الباحثين أهمية قيام النمل الأبيض *Termites* بزراعة الفطريات داخل أعشاشه . ولقد لوحظ انتشار معظم أنواع هذا النمل فى مناطق السافانا الحارة الجافة ، وهذه الظروف البيئية لا تناسب نمو النمل الأبيض ، الذى يحتاج إلى ظروف رطبة وحرارة معتدلة .



شكل (٩ - ١٩) : بعض نماذج للحشرات زارعة الحدائق الفطرية ، حيث تبدو على اليسار هيفات الفطريات التى تنمو طبيعياً قبل عناية الحشرات بحدائقها ، ثم الفطريات التى تهتم هذه الحشرات بزراعتها والتغذية عليها ، موضحاً الخلايا المغذية .

A - حشرة خنفساء الأمبروسيا داخل نفق محفور فى جذع شجرة تزرع داخله فطر الأمبروسيا (عادة نوع واحدا من الفطريات *Monilia* أو *Ceratocystis* أو *Cladosporium* أو *Endomycopsis* أو *Endomyces* أو *Cephalosporium* أو *Penicillium*) .

B - حشرة النمل الأبيض (الأرضة) داخل جحرها تزرع فطر *Termitomyces* .

C - حشرة النمل زارع عيش الغراب من الجنس *Attine* داخل جحرها تزرع الفطر *Leucoagaricus gongylophorus* .

وعندما يقوم هذا النمل بزراعة الفطريات داخل أعشاشه فإنه ينتج عن نشاط التمثيل الغذائى للفطريات رطوبة عالية ، تعمل على تلطيف درجة الحرارة الداخلية ، وتوازن الظروف البيئية داخل أبراج النمل الأبيض .

ولقد وجد أن الرطوبة النسبية داخل أبراج النمل الأبيض *M. natalensis* تصل إلى ٩٨ – ٩٩٪ ، حتى فى الفصول الجافة الشديدة الحرارة . ويعتبر التصميم المعمارى للأبراج التى يشيدها النمل الأبيض شديدة التعقيد ، فلقد أثبت هذا النمل أنه مهندس بارع .

ولكى يتغلب النمل الأبيض على ظروف البيئة القاسية التى يعيش فيها ، شيد بروجا ذات حوائط سميكة، يصل سمكها إلى حوالى ٦٠ سنتيمترا أو أكثر ، ثم زودها بنظام تهوية محكم ، عبارة عن أنابيب هوائية تمتد من الداخل إلى الخارج ؛ بحيث تضمن تهوية الفراغ الداخلى للبرج ، دون أن يفقد رطوبته العالية إلى الخارج ، أو يدخل الهواء الحار الجاف مباشرة إلى الداخل .

ولعل ذلك كان أول برج مكيف فى العالم ، شيده النمل الأبيض منذ ملايين السنين ، يتمتع فيه بالأمن والأمان ، وبالنمو والتكاثر ، وبزراعة الفطريات الشهية التى يتغذى عليها ، فى الوقت الذى سكن فيه الإنسان البدائى الكهوف والمغارات ، يشبع يوما ويجوع اخر ؛ مهددا بالحيوانات المفترسة قبل أن يتخيل أن هناك ما يسمى زراعة .

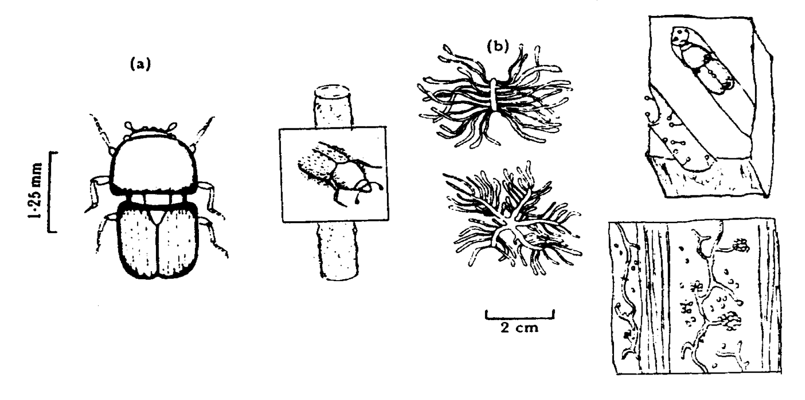
د – خنافس وفطريات الأمبروسيا :

يعتبر الخشب بيئة مفضلة لعديد من الحشرات ، وعلى الرغم من ذلك ؛ فهو غذاء غير مفيد لها ؛ حيث لاتستطيع معظم الحشرات هضم السيليلوز لغياب الإنزيمات الخاصة بتحليله .

ويفتقر الخشب إلى كثير من المواد الغذائية التى تحتاج إليها الحشرات فى غذائها ونموها وتطورها ، مثل الأستيرولات Sterols ، والفيتامينات ، وخاصة فيتامين B . وتعتمد بعض الحشرات على زراعة أنواع خاصة من الفطريات على الخشب ؛ مما يجعله – بعد نمو هذه الفطريات عليه – صالحا لتغذية هذه الحشرات .

وتعتبر خنافس الأمبروسيا Ambrosia beetles من أكثر الخنافس القادرة على الحياة على الخشب فى الغابات المعتدلة الشمالية ؛ حيث تشمل الأفراد التابعة للفصيلة

Scolytidae (فـــوق فصيلــة Curculionoidea) ، والتى يطلـــق عليها اسم خنافس القلف (شكل ٩ - ٢٠) .



شكل (٩ - ٢٠) : الخنافس ثاقبات الخشب Wood - boring beetles (عن Cooke, 1977).

A - منظر سطحى لحشرة كاملة من خنفساء السكوليتيد Scolytid .

B - رسم تخطيطى لسراديب الخنافس داخل جذع الشجرة المصابة .

وتهاجم هذه الخنافس الأشجار الخشبية ، وتحفر فى أنسجة الكامبيوم ؛ حيث تتغذى ، وتحفر أنفاقا تضع فيها بيضها . وبعض هذه الحشرات تتعايش مع أنواع متخصصة من العشائر الفطرية ، تنمو فى غرف الحضنة brood chambers ، فـــى المســافة بيــن الخشب والقلف .

ومعظم الأنواع التابعة لخنافس القلف ، تصيب الأشجار الميتة حديثا ، أو تلك التـــى فى طريقها إلى الموت . وبعض أنواع هذه الخنافس يمكنه غزو الأشجـــار الســليمة ؛ حيث تعتبر حشرة خنفساء *Scolytus multistriatus* مسئولة عن الأمـــراض الفطريـــة المدمرة لأشجار الدردار الأمريكية .

وتتبع خنافس الأمبروسيا أيضا بعض الأفراد التابعة للفصيلة Platypodidae ، التى تتميز بقدرتها على الحفر العميق فى الخشب ؛ حيث يصل عمق حفرها إلـــى الخشـــب الداخلى (خشب القلب heart wood) فى جذوع الأشجار الســليمة ، وخاصـــة فـــى الغابات الاستوائية .

وهناك تشابه بين الأفـــراد التابعـــة للفصيلتيـــن Scolytide و Platypodidae فـــى انتشار طورهما اليرقى ؛ فهى تفضل الأشجار الميته والضعيفة ، والتى فـــى طريقـــها إلى الموت ؛ مثال ذلك الأشجار التى تعرضت للجفـــاف أو الشيخوخـــة أو الأمـــراض الفطرية ، وكذلك لخطر الحريق والتنافس وسقوط الأوراق ؛ نتيجة الأمطار الحمضيـــة أو التلوث بصفة عامة .

وتعتبر جذوع الأشجار المقطوعة حديثا وألواح الأخشاب الحديثة النشـــر والفـــروع الخشبية على الأشجار والشجيرات الحية معرضة لهجوم هذه الحشرات . ويقع عـــبء حفر الأنفاق وتجهيزها على عاتق أنثى خنفساء الأمبروسيا ، وعندما تنتهى مـــن هـــذا العمل المضنى ، تضع بيضها وترعى صغارها .

وتضع أنثى خنفساء الأمبروسيا بيضها بطرق مختلفة ؛ فهى تضعه فـــى مجـــاميع كبيرة فى حجرة واحدة ، أو منفردا على جدار النفق ؛ بحيث تكون كـــل بيضـــة فـــى مستوى مختلف .

ومن العجيب أن هذه الحشرة الحافرة للخشب لا تتغذى عليه ، وكذلـــك يرقاتـــها ، ولكنها تحمل فى أجسامها فطريات معينة ، تنقلها إلى أنفاقها ، وتقوم بزراعتـــها علـــى الجدران . وتعتبر هذه الفطريات هى المصدر الأساسى والوحيد لتغذية جميـــع أطـــوار خنفساء الأمبروسيا ؛ حيث يطلق على هـــذه الفطريـــات - أيضـــا - اســـم فطريـــات الأمبروسيا Ambrosia Fungi ؛ فما سر هذه التسمية ؟ .

ترجع هذه التسمية إلى الباحث الألمانى (1836) Schmidberger ، الـــذى درس هذه الخنافس لأول مرة ، منذ حوالى مائة وأربعين عاما مضت . فلقد انبـــهر البـــاحث الشاب - حينذاك - بطبيعة تغذية هذه الحشرات ، وتجهيزها لغذائـــها علـــى جـــدران الأنفاق التى تقوم بحفرها .

وعلى الرغم من مهارة هذا الباحث ودقة ملاحظاته ، إلا أنه كان قليل الخـــبرة فـــى مجال الفطريات ، وكان عليـــه أن يفسر - خلال دراسته - مصدر تغذيـــة هـــذه الخنافـــس عـــلى ضـــوء معلوماتـــه المحدودة ، فى وقت كانت فيه نظريـــة التوالـــد الذاتـــى Spontaneous generation مازالـــت تـــلقى رواجـــا فـــى الأوســـاط العلميـــة فى أوروبا .

ولقد بدا لهذا الباحث أن مصدر غذاء هذه الخنافس ليس من الأرض التـــى نعيـــش

عليها، بل هو غذاء يتم تكوينه بطريقةٍ غير معلومةٍ ، ويـقـدم إلى هـذه الحشـرات بصفةٍ خاصةٍ ؛ لذلك أطلق عليه Ambrosia " عطاء الـرب " أو " غـذاء الآلهـة " (Food of the gods) ؛ وهو غذاء شهي المذاق طيب الرائحة .

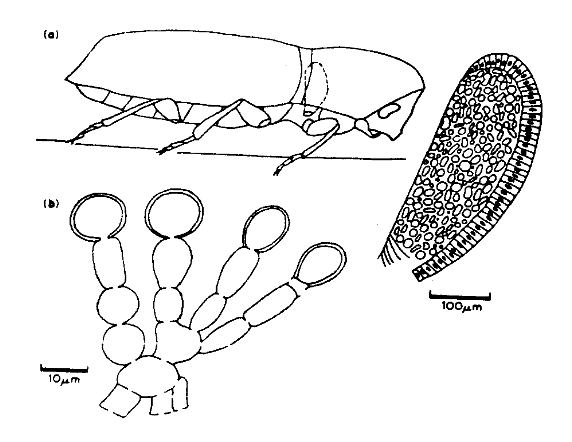
ولقد أدى الاعتقاد السابق إلى تسمية هـذه الخنـافس باسـم خنـافس الأمبروسـيا Ambrosia beetles . وبعد ذلك بسنواتٍ قليلة ؛ توصل Hartig (1844) إلى حل لغز مصدر الغذاء الذى تتغذى عليه هذه الخنافس ، وعرف أنه فطر ، أطلـق عليـه اسـم *Monilia candida* ، إلا أن هذه الفطريات التى تتغذى عليـها خنـافس الأمبروسـيا احتفظت هى الأخرى بهذا الاسم التاريخى ، ومازالت تعـرف - حتـى الآن - باسـم فطريات الأمبروسيا Ambrosia Fungi .

وتعتمد فطريات الأمبروسيا اعتماداً كليًا على خنافسها فى انتشارها ؛ وذلـك عـن طريق تركيبٍ خـاصٍ خلف رأس الحشرة يسمى الحافظـة الفطريـة mycetangia ، وهو تركيب يشبه السلة الصغيـرة ، تحمل فيه الحشرةُ جراثيـم الفطـر الـذى تقـوم بزراعته ؛ حيث تنقله من المستعمرة القديمة إلى مستعمرتها الجديدة (شكل ٩ - ٢١).

وتوجد الحوافظ الفطرية - عادةً - فى إناث خنافس الأمبروسـيا التابعـة للفصيلـة Scolytidae ، التى تقوم بجميع أعمال الحفر وبناء الأنفاق داخل جـذوع الأشجـار . وعلى العكس من ذلك فى الخنافس التابعة للفصيلة Platypodidae ، توجد هذه الحوافظ فى الذكور فقط دون الإناث ؛ لقيام الذكور بالحفر وبناء الأنفاق .

ومن ناحيةٍ أخرى ، يختلف موقع وتركيب الحوافظ الفطرية فى خنافس الأمبروسـيا المختلفة ؛ ففى الجنس *Xyleborus* يوجد - عادةً - زوج من الأكياس الجانبية ، يمتـد على جانبى الرأس إلى داخل الفم عند القواعد الفكية .

ويلاحظ أنه خلال قيام خنافس الأمبروسيا بحفر الخشب لتكويـن الأنفـاق ، تفـرز الحشرة إفرازاً زيتيًا من خلايا خاصة تحت البشرة ، أو من شعيراتٍ غديـةٍ . وتعمـل هذه الإفرازات على تزييت فكوك الحشرة خلال قيامها بالحفر ؛ مما يسهل أداءها ، كما يستعمل فطر الأمبروسيا هذا الزيت كمصـدر أساسى للكربـون . وخـلال الحفـر ، تخرج خـلايا الفطر التى تشبه الأويديا oidia أو الخـميرة Yeasts مـن الحافظـة الفطرية ، ناثرةً تلك الخلايا الفطرية الكرويـة على جدران النفق ؛ حيـث تبـدأ فـى الإنبات والنمو .



شكل (٩ – ٢١) : A = أنثى كاملة لحشرة خنفساء الأمبروسيا *Xyleborus lineatus* **، يوضح موضع وجود الحوافظ الفطرية mycetangia على جـــانبى الحشـــرة خلف الرأس .**
B = منظر عام لشكل الحافظة الفطرية وبداخلها كونيديات الفطر .
C = الحوامل الكونيديــــة وكونيديـــات فطـــر الأمبروســـيا *Ambrosiella xylebori*.

ومقابل ما تقوم به خنافس الأمبروسيا من مجهودٍ فى زراعة الفطر علـــى جـــدران أنفاقها ، فإن الفطر يقدم نمواته نفسها غذاءً مفيدا لجميع أطوار نمو هذه الحشـــرة ، ولا يكتفى بذلك ، بل يهيئ البيئة الداخلية للأنفـــاق ؛ بحيث تناسب نمو الأطوار المختلفـــة من الخنافس .

وفى الوقت الذى يرتفع فيه المحتوى المائى لخشب الأشجـــار الســـليمة بدرجـــةٍ لا تناسب نمو وتطور هذه الخنافس ، فإن نمو هيفات الفطر داخل الأنفاق يعمل على تدمير الأوعية الخشبية وتحليلها ، مما يفقدها القـــدرة على نقل مزيـــدٍ من الـــماء خلالـــها ، وهكذا يقل المحتوى المائى فى الأنفاق إلى الدرجة التى تناسب نمـــو أطـــوار خنـــافس الأمبروسيا .

ولما كانت خنفساء الأمبروسيا من الجنس *Scolytus* هى المسئولة ، أمام عشيرتها بحفر الأنفاق داخل الأشجار وزراعة الفطر ، فإنهن يرتبن – عادةً – لهجوم جماعىٍ يقمن به مع غيرهن من إناث جنسهن . ويعتمد هذا الهجوم المنظم على جهاز معقدٍ من الإشارات الكيمياوية .

ولا تقف الأشجار السليمة مكتوفة الأيدى أمام هذا الهجوم المنظم الشرس ، الذى تقوم به إناث خنافس الأمبروسيا ، بل تقاوم تلك المحاولات لحفر أنفاقٍ داخلها بإغراق الحشرات فى سيلٍ متدفقٍ من عصارتها المنقوله خلال أوعية الخشب . وفى الوقت نفسه تحاول هذه الحشرات الذكية التغلب على هذه المشكلة ، وذلك بتدمير أوعية الخشب لوقف سيل العصارة الذى لا ينتهى ، ولا سبيل أمامهن سوى اللجوء إلى الحيلة ، فيلجأن إلى فطر الأمبروسيا ؛ فهو الحل الوحيد والأكيد .

والذى يحدث – عادةً – هو خروج أفراد خنافس الأمبروسيا من عائلها القديم ، أو من حيث كانت تقضى فصل الشتاء ، وتطير فترةً من الوقت ، قبل أن تتوجه إلى العائل الجديد . وتستدل الخنافس على الأشجار ؛ سواء بالرؤية أم بالرائحة .

وتبدأ الهجمات بطلائع من الخنافس ، تتغذى على قلف العائل ، وتحفر فيه الأنفاق ، وقد يحدث الحفر فى القلف أو اللحاء ؛ كنتيجةٍ مباشرةٍ لمؤثراتٍ كيمياويةٍ فى الغذاء . وأثناء عملية الحفر الأولية ، ينتج فيرمون التجميع ، أو خليط من الفيرومونات الخاصة بالنوع فى المعى الخلفى للحشرة ، ويخرج مع البراز .

ومن المحتمل أن تكون هذه الفيرومونات ناتجة من فطريات الأمبروسيا ، والتى ترتبط دائماً ارتباطاً وثيقاً بالخنافس فى المعى ، أو فى الأنفاق التى تحفرها ؛ الأمر الذى يجعل مخلفات الثاقبات جذابة لفترةٍ طويلةٍ لخنافس أخرى .

وعندما تهاجم إناث خنفساء الأمبروسيا من الجنس *Scolytus* جذوع الأشجار ، فإنها تمتنع عن تناول غذائها حتى تُتم حفر النفق ، وتزرع فيه الفطر ، ثم تتزاوج وتنتظر حتى تنبت كونيديات الفطر ، وينمو الميسليوم على جدران النفق ؛ حيث يصبغها باللون الداكن .

ويتكون على هيفات الفطر عدد كبير من الكونيديات ذات الشكل الكمثرى (شكل ٩ – ٢١ – b) ؛ تشابه الخلايا الغذائية التى يكونها الفطر الذى يزرعه النمل القاطع للأوراق فى حدائقه الفطرية .

وأمام هذه الوجبة الشهية من الكونيديات الفطرية ، تُنهى أنثى خنفساء الأمبروسيا صَوْمَها ، وتُقبل على تناول غذائها ، وتعود مستأنفة الحفر ، ثم تضع بيضها في حجرات الحضنة .

وعندما تفشل الحشرة في زراعة فطر الأمبروسيا داخل أنفاقها – لأي سببٍ خارج عن إرادتها – فإنها تموت جوعا قبل أن تضع بيضها . وعلى أية حال ، فإن جسم الحشرة يعمل على إعادة امتصاص عضلات الطيران ، خلال فترة صيام الحشرة وقيامها بأعباء الحفر .

وبعد أن يفقس البيض ، تخرج اليرقات لتجد حولها غذاءً شهيًا ، وكلما زاد استهلاكها منه ، زاد نموه وتكوينه للكونيديات . وتعتمد جميع الأطوار الحشرية على فطر الأمبروسيا في غذائها ، ولا تتغذى على غذاءٍ آخر سواه . وفي الوقت نفسه ، يوفر الفطر لخنافس الأمبروسيا ويرقاتها كافة احتياجاتها الغذائية ؛ كالبروتينات ، والكربوهيدرات ، والأملاح المعدنية ، والفيتامينات ، وربما مواد غذائية أخرى كثيرة ، بينما ينمو هو على الخشب فقط .

ولا يفقس جميع البيض الذي تضعه أنثى خنفساء الأمبروسيا في وقت واحد ؛ وعلى ذلك نشاهد جميع الأطوار الحشرية في مكانٍ واحدٍ بالنفق . وتراعي الخنفساء الأم ذلك؛ بحيث لا يؤدي تحركها داخل الأنفاق الضيقة إلى تلف البيض الذي يسْهُل كسره ، ولا يحدث أذى لليرقات الصغيرة الحساسة . كما يجب أن تدافع هذه الأم – المجهدة – عن أنفاقها وأسرتها الكبيرة ، من مهاجمة الحشرات الأخرى الضارة والمفترسة .

ويتضح من سلوك هذه الحشرات ، أن خنافس الأمبروسيا تعيش داخل أنفاقها حياةً عائلية حقيقية ، وترتبط بين أفرادها روابط قوية . وربما كان من الصعب علينا أن نتخيل ، كيف تستطيع هذه الخنافس الماهرة أن تحفر مثل هذه الأنفاق ، وكيف تزرع أنواعا معينة من الفطريات ، وكيف تحافظ على بعض هذه الفطريات داخل تراكيب خاصة في جسمها لكي تحملها معها أينما ذهبت ، ولا كيف ترعى الخنفساء الأمُّ شئون مستعمرتها الصغيرةِ بهذه الحكمة وبُعْد النظر ؟.

وربما كان اعتماد جميع أفراد مستعمرة خنافس الأمبروسيا على زراعة الفطر كمصدر وحيدٍ لغذائها هو الذي ربط بين أفرادها ، وجعلها عشيرةً واحدةً متعاونة ، تدين بالفضل إلى فطر الأمبروسيا ، الغذاء الإلهي .

وقد تضع أنثى خنفساء الأمبروسيا بيضها بصورةٍ فرديةٍ على مستوياتٍ مختلفةٍ على جدران النفق . وفى هذه الحالة تلجأ الحشرة إلى حيلةٍ أخرى بارعةٍ ، تجهز عن طريقها غذاء كل يرقة على حدةٍ .

ويتم ذلك عن طريق حفرها لثقب صغير فى جدار النفق ، تضع فيه الحشرة الأنثى بيضة واحدةً ، ثم تعيد ملء هذا الثقب مرةً أخرى بمخلوط من نشارة الخشب الناتجة عن الحفر ، وبرازها ، وجزء من نموات الفطر . وعندما ينمو الفطر ، تغطى هيفاته ثم خلاياه المغذية تلك المنطقة المحيطة بالبيضة ، فإذا فقست وخرجت اليرقة ، وجدت نفسها وسط حديقةٍ غنّاءٍ من خلايا الفطر المغذية ، تتغذى عليها دون عناء .

وتستمر رعاية الحشرة الأم لأبنائها من اليرقات داخل الأنفاق ؛ حيث تُطهّر النفق من المخلفات ، وتستبدل بالغذاء المستهلك زراعة غيره ؛ حتى تجد اليرقات الصغيرة احتياجاتها الغذائية طوال الوقت . وعندما يشتد عود اليرقات ، تبدأ هى الأخرى فى استكمال حفر أنفاق جديدة ، وتساعد أمها على زيادة مساحة الجدران التى يمكن زراعتها بالفطر ؛ فتزداد المساحة المزروعة فطراً ؛ فيتوفر الغذاء ويعم الرخاء .

ولقد أظهرت الدراسات الحديثة أن هناك أكثر من فطر أمبروسيا ، كما أن هناك نوعاً من التخصص بين خنافس الأمبروسيا وفطرياتها . وتتميز هذه الفطريات بأنها أطوار كونيدية ناقصة من فطريات أسكية ، إلا أن تقسيمها مازال يحوطه بعض الغموض .

وتتشابه هذه الأطوار الكونيدية لفطريات الأمبروسيا بعضها مع بعض ، وقد تكون كلها تابعة للجنس *Monilia* ذى الكونيديات الكروية الوحيدة الخلية ، والمرتبة فى سلاسل. وتشمل هذه الفطريات بعض أنواع الخمائر yeasts، وفطرياتٍ أخرى تابعة للأجناس *Ambrosiozyma* و *Ascoidea* و *Dipodascus* ، إلا أن علماء الفطريات يميلون إلى وضع جميع هذه الفطريات تحت جنس واحدٍ خاصٍ بفطريات الأمبروسيا ؛ وهو الجنس *Ambrosiella* (Hudson, 1986) .

ويكوّن فطر الأمبروسيا ميسليوما بنيًّا رماديًّا إلى بنىّ داكن ، يحمل كونيدياته على حوامل متفرعةٍ أو غير متفرعةٍ. وتترتب الكونيديات فى سلاسل ناتجة عن تبرعمها؛ حيث يطلق عليها كونيديات برعمية blastoconidia . وتتميز هذه الكونيديات بأنها

شفافة، سميكة الجدار . وقد تتكون هذه الكونيديات فردية على قمة الحامل الكونيدى (شكل ٩ - ٢١ - b) .

وهناك أجناس أخرى من فطريات الأمبروسيا ؛ مثل *Monocrosporium* ، و *Phialophoropsis* ، و *Raffaelea* ، تقوم باختراق ملليمترات قليلة من الخشب ، خاصة بارانشيمة الخشب ، فى جدار النفق ، وتنمو عليه ؛ مما يؤدى إلى صبغه باللون البنى الداكن . وتكوّن هذه الفطريات حصيرةً ميسليومية" على جدار النفق ، عبارةً عن الحوامل الكونيدية المتكاثفة التى تحمل سلاسل من الكونيديات ، والتى تمثل الغذاء الأساسى لخنافس الأمبروسيا .

وبعض أنواع خنافس الأمبروسيا التابعة للجنس *Xyleborus* ، يفقس بيضها عن يرقاتٍ صغيرةٍ ، ذات رأسٍ وأجزاء فم غير تامة التكوين ؛ لذلك لا تستطيع حفر الخشب وهى فى هذه المرحلة المبكرة من حياتها ، ولكنها تعتمد فى غذائها على الوسادة الميسليومية للفطر mycelial mats .

وعندما لا توجد فى أنفاق هذه اليرقات كمية كافية من النموات الفطرية ، تكفى لإشباع جميع اليرقات الشرهة والخنافس البالغة ، فإن هذه اليرقات الصغيرة لا تنمو بصورةٍ طبيعيةٍ ، وينتج عنها حشرات صغيرة الحجم .

وتتغذى اليرقات على الوسائد الفطرية خلال المراحل الثلاث الأولى من تطورها ، بعد ذلك تنمو اليرقات ، وتصبح فكوكها قوية تامة التكوين ؛ مما يجعلها قادرةً على الحفر فى الخشب لمسافات أعمق خلال الطورين الأخيرين من نموها .

وليس من الواضح نوع الغذاء الذى تأكله هذه اليرقات فى هذه المرحلة ، ولا السبب الذى يدفعها إلى حفر مزيدٍ من الأنفاق ، فهل هى تحفر الخشب بغرض التغذية ؟ ، أم لإتاحة الفرصة للهيفات الفطرية بالنمو على مساحةٍ أكبر لإنتاج مزيدٍ من الغذاء ؟ .

وتتخصص فطريات الأمبروسيا فى تغذيتها ؛ فهى لاتستطيع الاستفادة من النتروجين غير العضوى ، ولكنها تستطيع الاستفادة من الدهون والزيوت كمصدر وحيدٍ للكربون . وعند إنماء هذه الفطريات فى المعمل على بيئةٍ تحتوى على كمياتٍ كبيرةٍ من الأحماض الأمينية ، أو على بيئةٍ تحتوى على زيت زيتونٍ نقى" ، فإن الفطر ينمو مكوناً وسائد كونيدية أمبروسية ambrosial condial mats ، تشابه تلك المتكونة فى أنفاق خنافس الأمبروسيا .

وعلى الرغم من ذلك ، فإنه عند إنماء هذه الفطريات على بيئةٍ غذائيةٍ (مثل اجار مستخلص المولت) ، لم تتكون سوى هيفاتٍ هوائيةٍ عقيمةٍ ، بينما لم تتكون الوسادة الكونيدية السابقة إلا بعد غمر سطح البيئة بزيت الزيتون ؛ وهذا يدل على أن ظروف التغذية يحدد شكل نمو الفطر ، وتكوين الكونيديات التى تتغذى عليها خنافس الأمبروسيا.

ومن ناحيةٍ أخرى ، تمت تجربة انماء الفطر فى أنفاقٍ محفورةٍ صناعيًا فى كتلٍ خشبيةٍ أو جذوع أشجار ، إلا أن الفطر فشل فى النمو تحت هذه الظروف ؛ وهذا يدل على أن فطر الأمبروسيا قد تأقلم على وجود خنافس الأمبروسيا ، بنفس الدرجة التى تأقلمت هى معه .

وتعمل حشرات خنافس الأمبروسيا ويرقاتها على استمرار وجود الفطر بصورةٍ نقيةٍ داخل الأنفاق؛ حيث تعتمد على الوسائد الميسليومية السابقة فى تغذيتها . ولكن بمجرد أن يخلو النفق – أو الأنفاق – من الأطوار المختلفة لهذه الحشرات ، فإن الهواء الخارجي يدخل النفق من أحد أطرافه، حاملاً معه عديداً من جراثيم الفطريات وخلايا البكتيريا ، التى تلوث نمو فطر الأمبروسيا ، وتتلف الوسائد الميسليومية الأمبروسية ambrosial mycelial mats .

وقد تحمل حشرات الخنافس نفسُها بعض جراثيم الفطريات التى تقطن الهواء خلال طيرانها ، إلا أن هذه الفطريات لاتجد لها – عادةً – مَوْطِئَ قدم فى النفق خلال فترة تربية الحضنة . ولكن كيف تستطيع خنافس الأمبروسيا المحافظة على نمو فطرها نقيًا دون تلوثٍ ؟ إن ذلك أحد أسرارها فى زراعة الفطر ، وهى لن تفصح لأحدٍ عن سرها .

ولقد ناقش بعض الباحثين المشتغلين فى دراسة علاقة خنافس وفطريات الأمبروسيا ذلك ؛ حيث دلت نتائج هذه الدراسات على أن قليلاً من الأنواع الفطرية يمكنه النمو جيداً تحت ظروف الأنفاق التى تحفرها خنافس الأمبروسيا . والفطر الذى يستمر فى النمو هو الذى تتغذى عليه الخنافس .

وقد يرجع هذا النمو المنفرد لفطر الأمبروسيا – دون غيره من الفطريات – إلى إفراز حشرات الخنافس البالغة – وكذلك اليرقات – لبعض المواد المضادة لنمو الفطريات الأخرى غير المرغوبة ؛ فإذا خلت الأنفاق من هذه الأطوار الحشرية ، فإن الوسائد الفطرية الأمبروسية سرعان ما تتلوث بعديدٍ من الفطريات المترممة .

ومن العوامل التى توضح شدة ارتباط خنفساء الأمبروسيا بفطرياتها ، وجود الحوافظ الفطرية mycetangia على جانبى رأس الخنفساء الأنثى ، وهى تراكيب متخصصة فى حمل ونقل الفطر من العشيرة القديمة إلى العشيرة الجديدة ؛ وهذا يدل على أن هذه العلاقة على درجةٍ عاليةٍ من التخصص ، وأن منشأ كلٍّ من الفطر والحشرة كان متزامناً ، واعتماد كلٍّ منهما على الآخر حتميًا .

وعلى ذلك تعيش خنافس الأمبروسيا عيشة تبادل منفعةٍ إجباريةٍ مع أنواع معينةٍ من فطريات الأمبروسيا، التى تقوم الخنافس بنقلها وزراعتها داخل الأنفاق التى تحفرها . وهناك تفاصيل عديدة -- داخل هذه الحياة الخاصة والعلاقات المتبادلة - مازالت مجهولة حتى لعلماء الحشرات والفطريات؛ وهى تحتاج إلى مزيدٍ من الدراسة للكشف عن أسرارها .

ويبدو أن خنافس الأمبروسيا تحصل على فوائد رئيسيةٍ من علاقتها مع الفطر ، الذى يوفر لها مصدراً غذائيًا ومتاحاً طوال الوقت . وهذا الغذاء يحتوى على جميع المواد الغذائية التى تحتاج إليها الحشرة، حتى الفيتامينات والأستيرولات ؛ مثل الأرجسترول الذى يعتبر عاملاً محدداً لتطور اليرقات إلى أطوارها الكاملة .

وفى الوقت نفسه تقوم خنافس الأمبروسيا بنقل الفطر ، وحمايته من العوامل الخارجية ، وحفظه داخل الحوافظ الفطرية mycetangia ، ثم نقله إلى البيئة المناسبة التى ينمو فيها الفطر داخل الأنفاق ، ثم تهتم به الحشرة ، حتى ينمو بصورةٍ جيدةٍ .

وينمو فطر الأمبروسيا على سيليلوز الخشب داخل النفق ، إلا أن المواد الغذائية القابلة للاستفادة من الخشب قليلة ؛ لذا لا تترك خنافس الأمبروسيا فطرياتها تعانى نقص الغذاء ، بل تمدها بقطيرات الزيت واليوريا وحمض اليوريك كمصدر نتروجينى مناسبٍ ؛ مما يعمل على زيادة نمو هيفات الفطر ، وتغطيتها لجدران النفق .

كما تحمى حشرات الأمبروسيا مزرعتها الفطرية من التلوث ؛ وهذا يوضح أهمية الرعاية المتبادلة بين حشرة خنفساء الأمبروسيا وفطرياتها ؛ مما أدى إلى عدم وجود إحداهما فى الطبيعة منفردةً .

وهناك عدد من حشرات الخنافس تشابه خنافس الأمبروسيا فى اعتمادها على بعض الفطريات فى التغذية ، إلا أنها تعتمد - أيضاً - على مثل هذه الفطريات فى قتل

الأشجار الحية ، وتهيئتها لكى تعيش فيها ؛ وذلك بحفر أنفاق فى قلفها ؛ لتضع بيضها فيه .

ويشيع وجود خنافس القلف هذه فى الأشجار الصنوبرية ، والأشجار الدائمة الخضرة . وعند حقن الفطر فى حفر القلف ، يؤدى نمو الفطر إلى صبغ الخشب باللون الأزرق ، ثم تموت الأشجار .

ومن أمثلة المجموعة السابقة خنافس القلف *Ips grandicollis* و *Ips pini* التى تصيب الأشجار المخروطية، وأثناء ذلك تنقل الفطر *Ceratostomella ips* ؛ وهو فطر يسبب مرض الصبغة الزرقاء blue stain disease ، ويصيب هذا الفطر الأشجار المخروطية ؛ كالصنوبر .

وهناك علاقة قوية بين الفطر *C. ips* ونوعى خنافس القلف السابقين ؛ حيث إن الضرر الذى تحدثه هذه الخنافس منفردةً على الأشجار محدود ، بينما يتسبب الفطر الممرض فى اضطراب نتح الأشجار المصابة ؛ مما يؤدى إلى موتها من أعلى إلى أسفل . ويتلون الخشب بفعل نمو الميسليوم الفطرى بلون أزرق داكن ، ولا يمكن للفطر عدوى الأشجار السليمة إلا عن طريق هذه الخنافس .

وتنقل خنافس القلف كونيديات الفطر وجراثيمه الأسكية سواء خارجيًا على جسمها ، أم داخليًا فى قناتها الهضمية ، وتخرج هذه الجراثيم حية مع برازها . وعندما تحفر هذه الخنافس أنفاقها فى جذوع الأشجار ، تضع بيضها على طول جوانب النفق . ولا يتلوث البيض بالفطر خلال وضعه .

وعند نمو هيفات الفطر على جدران الأنفاق فى الخشب العصيرى واللب الداخلى ، تتغذى عليه – وعلى الكونيديات المتكونة – يرقاتُ الحشرات بعد فقسها ؛ فيتلوث الجيل الجديد بالفطر .

ويعمل نمو الفطر على تهيئة ظروفٍ مناسبةٍ لنمو الخنافس داخل الأشجار الحية ؛ وذلك بخفض محتواها المائى ، وجعل البيئة الداخلية فى الأنفاق أكثر ملاءمةً لفقس البيض ونمو اليرقات ، بينما تعمل الخنافس على نقل الفطر وإنمائه فى بيئته الملائمة .

ولقد وجد أيضاً أن أحد فطريات الخميرة (وهو *Zygosaccharomyces pini*)

يرتبط بهذه الخنافس ؛ حيث يؤدى نموه على العصارة النباتية إلى تخمرهـا ، وإنتاج بعض المواد العطرية المتطايرة ، التى تعمل على جذب مزيدٍ من حشرات خنافس القلف إلى الأشجار المصابة . وربما يفسر ذلك إصابة الأشجار بأعدادٍ كبيرةٍ من هذه الحشرات .

ومن ناحيةٍ أخرى ، يعتبر مرض الدردار الهولندى Dutch elm disease من الأمراض الفطرية التى تنتقل عن طريق حشرات خنافس القلف ؛ مثل خنفساء القلف الأوروبية الصغيرة *Hylurgopinus rufipes* ، وخنفساء قلف الدردار *Scolytus multistriatus* . ويتسبب المرض عن الفطر الأسكى *Ceratostomella ulmi* ، الذى يغزو الأوعية الخشبية ويدمرها ، ويكوّن الفطر جراثيم وفيرةً متبرعمة تشبه شكل الخميرة .

ويعتبر شجر الدردار من الأشجار الخشبية الهامة ؛ حيث تستعمل أخشابها فى عمل السدود ، كما تستعمل كأشجار ظلٍ فى أوروبا وأمريكا . وهذه الأشجار قابلة للعدوى بالفطر *C. ulmi* ، والتى تنقله حشرات خنافس القلف . وتظهر الأعراض على صورة أصفرار الأوراق وتجعدها، ثم تذبل وتسقط . كما يتلون الخشب باللون البنى ، وتتجمع فيه مواد صمغية .

وتوجد جراثيم الفطر فى الأنفاق التى تحفرها خنافس القلف السابقة ؛ سواء فى الأشجار الميتة ، أم تلك المصابة وفى طريقها للموت . وتحمل جراثيم الفطر على السطح الخارجى لأجسام الخنافس المغطاة بالشعر الخشن ، وتبقى هذه الجراثيم حية على أجسام الحشرات لفترةٍ تصل إلى ثلاثة شهور ، إذا تراوحت درجة الحرارة بين ١٠° و ٢٠° مئوية .

وتحدث الإصابة بالفطر الممرض خلال تغذية خنافس القلف على البراعم الصغيرة والأفرع الغضة ، والتى يتسبب جرحها فى نقل جراثيم الفطر إليها من جسم الحشرات. ويهاجم الفطر الأوعية الخشبية ويدمرها ؛ فتموت الأفرع ثم الشجرة كلها .

ويتسبب ذلك فى انخفاض نسبة الرطوبة فى خشب الأشجار المصابة ؛ فتصبح الأشجار أكثر ملاءمة لنمو هذه الخنافس . وتجد هذه الحشرات فى الأشجار المصابة مكاناً مناسباً لحفر الأنفاق ووضع البيض ، ثم استكمال دورة حياتها .

إنها حشرات ذكية ، لم تستطع أن تهاجم الأشجار الحيـــة بمفردها ، فلجـــأت الـــى حيلةٍ بارعة ، نجحت فيها إلى حدٍّ بعيدٍ ؛ حيث حقنت تلك الأشجار بفطر ممرض ؛ قام بالدور المطلوب منه خير قيامٍ.

هـ – دبابير الخشب وفطر *Amylostereum* :

تهاجم دبابيرُ الخشب wood wasps – خاصة الأنـــواع التابعـــة للجنـــس *Sirex* – الأشجار الضعيفة ، أو تلك التى تعرضت لظروف بيئيةٍ قاســـيةٍ ؛ مثـــل : العطـــش ، والأمراض الفطرية ، والأمطار الحمضية ، وغير ذلك . كما تهاجم هـــذه الحشـــرات جذوع الأشجار الحديثة القطع ، شأنها فى ذلك شأن خنافس الأمبروسيا .

وترتبط دبابير الخشب هذه مع فطر *Amylostereum* بعلاقة تبادل منفعـــة ولكـــن بطريقة مختلفة تماماً؛ حيث لا تقوم هذه الحشرات بزراعة الفطر ، ولكنها تحمله معـــها أينما ذهبت ، وبطريقة فريدةٍ من نوعها ، لم تسبقها إليها غيرها من الحشرات .

ولا تستطيع حشرة دبور الخشب هضم ميسليوم الفطر ؛ لذلك لا يمكنـــها الاعتمـــاد عليه فى غذائها ، كما أن هيفات الفطر تنمو مبعثرةً على الخشب ؛ بحيـــث لا تكـــوّن ميسليوماً كثيفاً يمكن الاعتماد عليه كغذاءٍ . وعلى الرغم من نمو يرقات هـــذه الحشـــرة على الخشب ، فهى لا تستطيع تحليل السيليلوز ، فكيف اســـتطاعت هـــذه الحشـــرات التغلب على هذه المشكلة الغذائية ؟ .

لقد اعتمدت الحشرة على الفطر فى تحليل الخشب ؛ وذلك عن طريق حقن الخلايـــا الفطرية داخل جذوع الأشجار ؛ فتقوم الهيفات الفطرية بإفراز إنزيماتـــها الخارجيـــة ؛ محللةً السيليلوز واللجنين إلى مواد أقل تعقيداً ، تصلح لتغذية اليرقات ، وتسهل عليـــها مهمة الحفر وعمل أنفاق داخل هذا الخشب المتعفن .

وتتميز إناث حشرة دبور الخشب بآلة وضع البيض القوية ، التى تخـــترق جـــذوع الأشجار إلى عمق عدة سنتيمتراتٍ ؛ وبذلك يمكنها حقن بيضها داخل الخشـــب ومعـــه بعض خلايا الفطر (شكل ٩ – ٢٥) . وعندما يفقس البيـــض إلى يرقـــات ، تكـــون هيـــفات الفطـــر قد بدأت فى النمو وتحليـــل المركـــبات النباتية المعقدة إلى مركبـــاتٍ أقل تعقيداً ، تتغذى عليها اليرقـــات التى تستغل وقتها كلـــه فى الحفـــر وشتق مزيدٍ من الأنفاق .

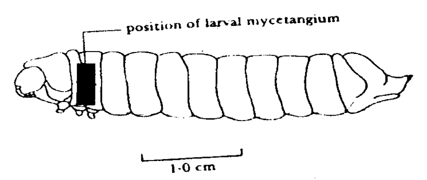
وتحمل كل حشرة احتياجاتها من خلايا الفطر الذى يساعدها على توفير احتياجاتها الغذائية ، وأيضاً يوفر لأطوارها اليرقية بيئةً صالحةً للنمو واستكمال دورة الحياة . ولقد وجد أن هذه الفطريات - المتعايشة مع حشرة دبور الخشب - عبارة عن أنواعٍ تابعةٍ للجنس *Amylostereum* والجنس *Stereum* ؛ وهما يتبعان طائفة الفطريات البازيدية Basidiomycetes ، وهما من فطريات أعفان الأخشاب ؛ حيث يحللان كلاً من السليلوز واللجنين ؛ مسبباً مرض العفن الأبيض .

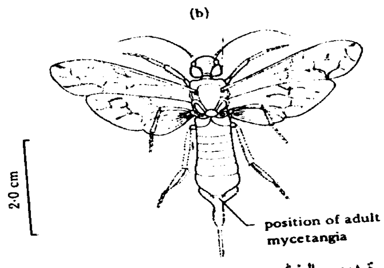
وتحمل اليرقات والأطوار الكاملة من إناث حشرة دبور الخشب خلايا الفطر داخل زوجٍ من الأكياس الصغيرة تسمى " الحوافظ الفطريةِ mycetangia " ، بحيث توجد حافظة واحدة على كل جانبٍ من الجسم ؛ مختفيةً تحت العقلة البطنية الأولى (شكل ٩ - ٢٢) .

وتتكون كل حافظةٍ فطريةٍ من سلسلةٍ من التفرعات العميقة ، مملوءة بمحلولٍ زيتى غليظ القوام ، يفرز بواسطة زوج من الغدد المتصلة بالحوافظ الفطرية اتصالاً مباشراً (شكل ٩ - ٢٣) . ويتجزأ الميسليوم الفطرى داخل الحافظة الفطرية بالتبرعم ، مكونا أويديا oidia أو جراثيم مفصلية arthrospores . وتتكون الجراثيم المفصلية من ١-٤ خلايا قصيرة ذات رابطةٍ كلابيةٍ clamp connection عند الجدر الفاصلة (شكل ٩ - ٢٤) .

وتحمل الأطوارُ اليرقية لإناث دبور الخشب الحوافظ الفطرية السابقة - بدايةً من الطور الثانى - فى أعضاء خاصةٍ تحت الجليد ؛ على جانبى الجسم فى عمق ثنايا الجليد بين العقلتين البطنيتين الأولى والثانية ، أما فى الحشرة الأنثى الكاملة ، فيلاحظ اتصال هذه الأكياس الفطرية بآلة وضع البيض ovipositor (شكل ٩ - ٢٢) .

وعندما تضع الحشرات الأنثى بيضها ، تنقبض الحافظة الجرثومية ، وتنبثق منها الخلايا الفطرية (الأويديا oidia) خارجةً مع البيض الذى يحقن داخل الخشب لعمق عدة سنتيمتراتٍ . وتنبت الأويديا مكونةً هيفات فطرية ، تنمو محللة السيليلوز واللجنين ، وفى الوقت نفسه يفقس بيض الحشرة عن يرقات ، تبدأ فى حفر أنفاقها بسهولةٍ فى الخشب المتعفن بواسطة النموات الفطرية .





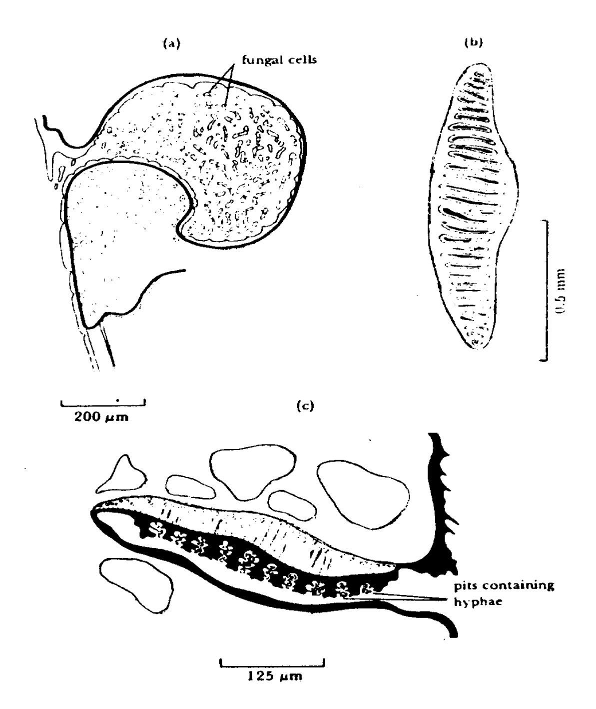
شكل (٩ – ٢٢) : حشرة دبور الخشب .

a – شكل جانبى ليرقة من الجنس *Siricid* ؛ حيث يمثل المستطيل الأسود مكان الحافظة الفطرية mycetangium بين عقل الجسم .

b – شكل ظهرى لأنثى كاملة من حشرة دبور الخشب ؛ يوضح آلة وضع البيض ovipositor الطويلة ، ووضع الحوافظ الفطرية macetangia المتصلة بها . (عن Cooke, 1977) .

وعلى العكس من يرقات خنافس الأمبروسيا ، لا تعتمد يرقات دبور الخشب على هيفات الفطر فى تغذيتها ، وربما يرجع ذلك إلى قلة نمو هيفات الفطر *Amylostereum* وبعثرتها على الخشب . وتتغذى هذه اليرقات على الخشب المتعفن بواسطة هذا الفطر بعد تحلله جزئيًا ، ولكن لا يوجد ما يمنع التهام اليرقات بعض هيفات الفطر التى قد تجدها بالصدفة فى طريقها .

وتعود هذه العلاقة الحميمة بين حشرة دبور الخشب والفطر بالمنفعة للطرفين ؛ فعلى سبيل المثال ؛ يستفيد الفطر من الحشرة عن طريق انتقاله داخل أعضاء خاصة هى الحوافظ الفطرية mycetangia من مكان إلى آخر بأمان تامّ ، وأيضا تقوم الحشرة بحقن خلايا الفطر داخل الخشب ؛ فلا يحتاج الفطر إلى اختراق أية أنسجةٍ نباتيةٍ خارجيةٍ كالقلف ؛ مما يوفر للفطر وسطا جيداً للنمو بعيداً عن منافسة الأحياء الدقيقة الأخرى .

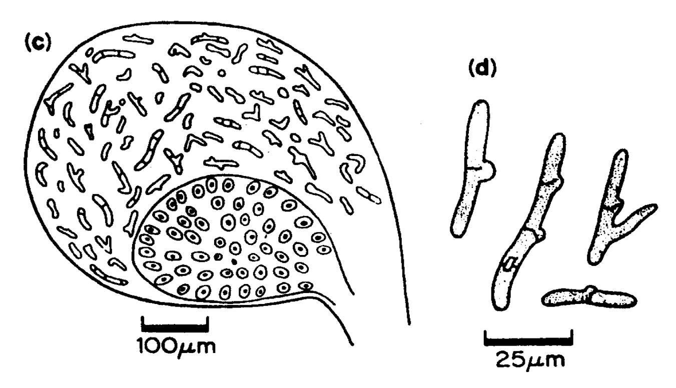


شكل (٩ - ٢٣) : تركـيب الحـوافظ الفطـريـة mycetangia فـى حشرة دبـور الخـشب (عن Cooke, 1977) .

a - قطاع عمودى خلال قاعدة آلة وضع البيـض يوضـح الكيـس المملـوء بالخلايا الفطرية .

b - منظر سطحى الحافظة الفطرية فى يرقة دبور الخشب ، موضحـاً شكـل الفتحات المستطيلة .

c - قطاع خلال للحافظة الفطرية فى يرقة دبور الخشب ، يوضح حزم الهيفات الفطرية الموزعة على طول المحور المركزى للنتوءات .



شكل (٩ - ٢٤) : قطاع عمودى فى الحافظة الفطرية فى حشرة دبور الخشب (c) ؛ يوضح وجود الجراثيم المفصلية ، والأويديا ، ووجود الغدة المخاطية فى المركز .
ويوضح الشكل المجاور (d) الجراثيم المفصلية العديدة الخلايا ذات الروابط الكلابية.

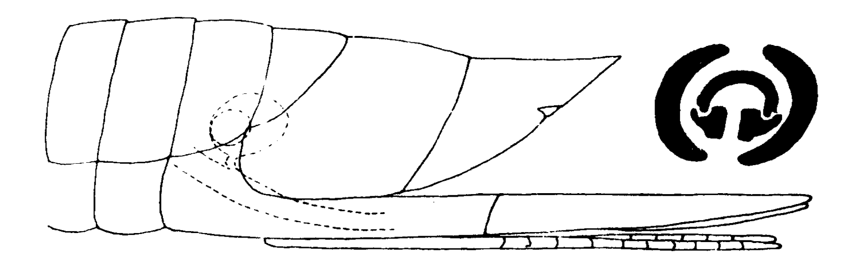
وتستفيد دبابير الخشب – أيضاً – من علاقتها الوثيقة بالفطر ؛ فهى تحصل على غذاءٍ مجهز ومتاح طوال الوقت ؛ وهو عبارة عن الخشب المتحلل بفعل إنزيمات الفطر الخارجية المحللة للسيليلوز واللجنين .

ومن ناحيةٍ أخرى ، تنمو هيفات فطر *Amylostereum* حرةً ، محللةً – خلال نموها – أنسجة الخشب ، بينما – على العكس من ذلك – تتحكم خنافس الأمبروسيا فى زراعة الفطر *Ambrosiella xylebori* على جدران أنفاقها ؛ حيث تتغذى يرقاتها على الوسائد الميسليومية لفطر الأمبروسيا دون غيرها .

كما يلاحظ أن دبابير الخشب تقضى معظم حياتها فى الطيران ؛ حيث تنحصر علاقتها بالفطر خلال طورها اليرقى الذى يتغذى على الخشب المتحلل بفعل هيفات الفطر ، بينما تتغذى جميع الأطوار الحشرية لخنافس الأمبروسيا على النموات الفطرية .

وقبل أن تنسلخ يرقة دبابير الخشب انسلاخها الأخير ، تفرز الخلايا الغدية فى الحافظة الفطرية المؤقتة سائلاً شمعيًّا يحتوى على الأويديا والجراثيم المفصلية للفطر ، يطلق عليه اسم " سائل الحافظة الفطرية " mycetangial fluid " . ويتصلب

هذا السائل الشمعى مكوناً صفائح رقيقة تحتوى بداخلها على خلايا الفطر ، حيث تُغطّى هذه الصفائح الشمعية أرضيةَ حجرة العذارى .



شكل (٩ - ٢٥) : آلة وضع البيض فى حشرة دبور الخشب ، حيث يوضح الرسم موضع الحافظة الفطرية ، ثم يوضح - على اليمين - قطاعاً فى آلة وضع البيض .

وعندما تخرج الحشرات الأنثى التامة التكوين من مرحلة العذراء ، تنتقل الأويديا والجراثيم المفصلية للفطر الموجودة فى صفائح الشمع الرقيقة السابقة خلال الحركات الانقباضية لآلة وضع البيض فى الحشرة إلى الحافظة الفطرية التامة التكوين عند قاعدة آلة وضع البيض . ويعتبر هذا السلوك لإناث حشرة دبور الخشب سلوكاً غريزيًّا ، يُتوارث من جيلٍ إلى آخر .

وعند وصول الصفائح الشمعية إلى الحافظة الفطرية ، تذوب المادة الشمعية ، وتتحرر الخلايا الفطرية ، ثم تنبت مكونةً ميسليوميًّا مقسماً يتبرعم - بعد ذلك - إلى عديدٍ من الخلايا (أويديا oidia) ، وهكذا يتضاعف اللقاح الفطرى فى الحافظة الفطرية، مشابهاً فى ذلك ما يحدث فى خنافس الأمبروسيا .

ويتشابه التأثير المشترك لدبابير الخشب وفطرها فى تدمير الأشجار مع ذلك التأثير المدمر لخنافس الأمبروسيا مع فطرياتها . ولقد اهتم عديد من الباحثين فى أمراض النبات بمثل هذه العلاقات المشتركة المدمرة للأشجار الاقتصادية ؛ حيث وجد أن نشاط أنواع دبابير الخشب التابعة للجنس *Sirex* يقتصر على مهاجمة الأشجار الصنوبرية .

وتعتبر هذه الدبابير منفردةً آفاتٍ ثانوية الأهمية ، ولكن عندما يتضافر نشاط كلٍّ من دبابير الخشب *Sirex noctilio* مع فطر العفن الأبيض *Amylostereum areolatum* ، فإن ذلك يؤدى إلى حدوث خسائر اقتصادية فادحةٍ فى أشجار الصنوبر ؛ حيث شوهـــد ذلك فى أستراليا ونيوزيلاندا .

ولقد اتُّبعتْ عدة وسائل لمكافحة هذا التضافر الضار بالثروة الخشبية فى مثل هـــذه الدول ؛ حيث طورت أساليب زراعة الغابات والعناية بها ، وتم إدخال بعض المتطفلات والمفترسات على حشرة دبور الخشب لمكافحتها حيويًا ، ولقد أدى ذلك إلـــى خفـض العشيرة الحشرية لهذه الآفة الخطيرة إلى أقل مستوى .

وتصـــل الخسائر الناجمة عن تضافر حشرة دبور الخشب مع فطر العفن الأبيـــض إلى تدمير حوالى ١٠٪ من الإنتـــاج الســـنوى للخشـــب الاقتصـــادى فـــى أســـتراليا ونيـــوزيـــلاندا؛ وتزداد هذه الخسارة إلى أكثر من ذلك عنـــد ســـوء الأحوال الجوية .

ويعتبر الفطر *A. areolatum* من الفطريات الجرحية الضعيفة التطفل ؛ حيث تقاوم معظمُ أشجار الغابات هجوم هذا الفطر ، أما إذا شاركت حشرات دبابير الخشب فى هذا الهجوم – وذلك بحقن خلايا الفطر داخل جذوع الأشجار عن طريق آلة وضع البيـــض القوية – فإن تأثير ذلك على الأشجار يكون مدمراً .

ومن ناحية أخرى، يؤدى الهجوم المشترك لكلٍّ من حشرات دبابير الخشب وفطـــر العفن الأبيض إلى تعدد أماكن العدوى على جذوع الأشجار ، ولعمقٍ كبير نسبيًّا ؛ ممـــا يؤدى إلى زيادة قدرة الفطر على العدوى ، دون أن يتعرض لأى تثبيطٍ أو منافسةٍ مـــن الكائنات الحية الدقيقة الأخرى المنتشرة على القلف . وبطبيعة الحال لا يستطيع الفطـــر إحداث مثل هذه الخسائر إذا كان منفرداً ، وذلك عند دخوله مـــن خـــلال الجـــروح أو الفتحات الطبيعية للأشجار .

ويزداد انجذاب حشرة دبور الخشب إلى الأشجار الضعيفة ، والواقعة تحت تـــأثير بعض الظروف البيئية الضارة ؛ مثل التزاحم ، والحريـــق ، والعطـــش ، والأمطـــار الحمضية ، وسقوط الأوراق ، والإصابة بالأمراض ، وغير ذلك .

ويسيل من الأشجار المتضررة – عادةً – مادة صمغية راتنجية تحتوى على مـــواد عضويةٍ متطايرةٍ ، تعمل على تشجيع نمو هيفات الفطر *A.. areolatum* ، وقد تســـاعد هذه المواد – أيضاً – على نمو يرقات دبور الخشب .

ولقد وجد أن هناك علاقة بين المحتوى المائى لأوعية الخشب فى أشجار الصنوبر ، ومدى مقاومتها لدبابير الخشب ؛ حيث يتراوح المحتوى المناسب من الماء فى أوعية الخشب بين ٤٠٪ و ٧٠٪ من وزنه الجاف ، والذى عنده تستطيع أنثى حشرة دبور الخشب أن تقوم بحقن بيضها بنجاح .

وعند زيادة رطوبة الخشب لأعلى من ٧٠٪ ، فإن الحشرة لا تضع بيضها فيه حتى لا تموت اليرقات نتيجة ارتفاع الرطوبة . وعندما تقوم الحشرة بحقن بيضها ومعه جراثيم الفطر فى شجرة ذات محتوى رطوبةٍ حوالى ٧٠ ٪ ، تنبت هذه الجراثيم ، وتنمو هيفات الفطر ببطء فى الخشب ، مستهلكة جزءًا من هذه الرطوبة خلال نموها .

وباستمرار نمو الفطر ، تقل رطوبة الخشب ، وفى الوقت نفسه تحلل إنزيمات الفطر السليلوز واللجنين فيتعفن الخشب . وعندما يفقس بيض حشرة دبور الخشب ، تجد اليرقات أن الرطوبة حولها مناسبة ، كما يكون الخشب قد تحلل جزئيًّا بفعل النشاط الفطرى ؛ مما يسهل على اليرقات حفر الأنفاق ، والتغذية على الخشب المتحلل .

وكلما زاد نمو هيفات الفطر فى خشب الشجرة ، تدهورت الأوعية الخشبية التى تنقل الماء من التربة إلى المجموع الخضرى ؛ فتبدأ الشجرة فى الجفاف ؛ حيث تصل نسبة رطوبة مثل هذه الأشجار المصابة بشدةٍ بكلٍّ من الحشرة والفطر إلى حوالى ٣٥٪ . وإذا استمرت الشجرة المصابة فى التدهور ، وازداد جفافها – حتى تصل نسبة الرطوبة فيها إلى أقل من ٢٠٪ – ، تعرض البيض واليرقات إلى الجفاف والهلاك ، بينما تستطيع الحشرات الكبيرة تحمُّل مثل هذه الظروف القاسية .

ويتحدد انتشار الفطر الممرض *A. areolatum* فى خشب أشجار الصنوبر بتحرر الفينولات الناتجة عن تحليل اللجنين ؛ مثال ذلك مادة البينوسيلفين الملونة stilbene pinosylvin . وتعتبر الإفرازات الصمغية الراتنجية التى تسيل من الخشب العصيرى بالقرب من ثقوب وضع البيض عبارة عن رد فعلٍ طبيعىّ من الشجرة تجاه هذا الهجوم المزدوج .

ويُعْزَى موت الأشجار بعد تعرضها للإصابة بالفطر *A. aerolatum* إلى قدرته على تدمير الأوعية الخشبية للشجرة ، مما يمنع وصول الماء إلى مجموعها الخضرى .

وينخفض معدل تدفق العصير الخلوى تدريجيًا ؛ حيث يؤدى ذلك إلى عديد من التغيرات الفسيولوجية خلال أسبوعين من العدوى ، تبدأ بعدها الشجرة المصابة فى الجفاف .

وعندما تحقن حشرةُ دبور الخشب بيضها فى الشجرة ، تفرز مع البيض مادة مخاطية تصاحب خروج الجراثيم الفطرية ، هذه المادة عبارة عن معقدٍ بروتينى سكرى لزج protein mucopolysaccharide complex . وتعتبر هذه المادة ذات تأثير سام لأنسجة الشجرة phytotoxic . وعند حقن هذه المادة منفردةً فى أشجار سليمةٍ، ظهرت عليها بعض التغيرات الفسيولوجية السريعة التى تتشابه – تماماً – مع تلك الأعراض التى حدثت نتيجة هجوم دبابير الخشب من الجنس *Sirex* .

ولقد ظهرت هذه التغيرات الفسيولوجية على صورة زيادةٍ فى معدل تنفس أنسجة الساق المصابة ، كما تراكم النشا فى الأوراق ونقص فى القلف المحيط بجذع الشجرة . وترجع هذه التغيرات الفسيولوجية إلى تثبيط نقل نواتج التمثيل الضوئى من الأوراق إلى اللحاء (القلف) ، وأيضاً إلى ضعف الإمداد المائى للمجموع الخضرى ؛ نتيجة لتشوه أوعية الخشب وجفافها .

وتؤدى التغيرات السابقة إلى اصفرار الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر المصابة وسقوطها . ويطلق على مثل هذه الأعراض " الشيخوخة المبكرة premature senescence " ؛ مما يجعل هذه الأشجار أكثر قابلية للإصابة بالفطر الممرض ؛ ومن ثم تدمير الشجرة تماماً بعد ذلك .

ولقد اختبر كل من الفطر الممرض *A. areolatum* والمادة المخاطية التى تفرزها حشرة دبور الخشب بصورةٍ منفردةٍ ؛ وذلك من ناحية قدرتها على تدمير أشجار الصنوبر ؛ حيث وجد أن أيًا منهما لا يسبب ظهور أضرار معنويةٍ على الأشجار السليمة ، ولكن عند حقن أشجار صنوبر سليمةٍ بالفطر الممرض والمادة المخاطية السامة معاً ، فتك هذا التفاعل المشترك بالشجرة ، وأدى إلى موتها .

ويمكن تفسير ذلك على أساس أن حقن المادة المخاطية السامة فى الأشجار يعمل على تهيئتها للإصابة بالفطر . وبمجرد إنبات جراثيم الفطر ، تبدأ الهيفات فى مهاجمة الخشب العصيرى وتدمير الأوعية الخشبية ، وتموت الأشجار عندما يقل محتواها

المائى فجأة ؛ وعلى ذلك يمكن اعتبار هذه المـــادة المخاطيـــة مـــادة مهيئـــة للعـــدوى conditioning agent .

و – حشرات أورام النبات وفطرياتها :

تسبب بعض الحشرات أوراما للنباتات ، وتحتوى بعض هذه الأورام على فطريات، وهذه الفطريات قد تربطها بحشرات الأورام النباتية علاقات عديدة متداخلـــة . وعلـــى سبيل المثال ، تُسبب يرقة ذبابة itonid midges أوراما نباتية ، تنمو داخلـــها بعـــض الفطريات على صورة طبقةٍ ميسلوميةٍ سميكةٍ ، وعندما يفقس بيض هذه الذبابة ، تجـــد اليرقات غذاءً مناسباً من ميسليوم الفطر ، وكذلك من الأنسجة النباتية المتحللة ؛ بفعـــل نمو هيفات الفطر عليها .

وتضع ذبابة *Lasioptera rubi* بيضها فى نبات *Rubus fruticosus* ؛ مما يتسبب فى ورم الأنسجة النباتية ، والتى يطلق عليها – أيضا – " أورام الأمبروسيا Ambrosia galls " .

ويفقس بيض هذا الذباب عن يرقـــاتٍ شرهةٍ ، تتغذى على ميسليوم الفطر النـــامى داخل الأورام ، بينما لا تتغذى مباشرةً على أنسجة الورم النباتى . ولعل ذلـــك يذكرنـــا بالوسائد الميسليومية الفطرية fungal mycelial mats ، التى تتغـــذى عليـــها خنـــافس الأمبروسيا الناخرة للخشب ، والتى سبق التعرض لها .

وتحدث أورام الأمبروسيا بســـبب عديـــدٍ مـــن حشـــرات الذبـــاب ؛ مثـــل ذبابـــة *Asphondylia sarothamni* ؛ التى تسبب تورم البراعم الطرفية والإبطية فـــى نبـــات *Cytisus scoparius* . وفى هذه الحالة تتغذى اليرقات على أنسجة الورم النباتى ، ولا تتغذى على ميسليوم الفطر . وبزيادة تغذية اليرقة علـــى الأنســـجة النباتيـــة ، يـــزداد تضخمها ، ويكبر الورم النباتى . وفى هذه الأثناء يتغذى الفطر مترمماً على مخلفـــات نواتج تغذية اليرقات داخل الورم .

وعندما تتوقف اليرقات عن التغذية على أنسجة الورم النباتى – تمهيداً لتحولها إلـــى عذراء – فإن الورم يتوقف عن النمو ؛ فينشط الفطر ، وتزداد كثافة هيفاته التى تحيـــط بالعذارى المتكونة ؛ التى تصبح مطمورة داخل كتلة ميسليوم الفطر . وعندما لا يجـــد الفطر ما يتغذى عليه ، يتحول من مترمم على مخلفات تغذية اليرقات ، إلـــى متطفـــل على الأنسجة النباتية للورم .

٣ – المعاشرات الداخلية Endosymbiotic associations :

يعتبر التكافل الداخلى بين الفطريات والحشرات هو أعلى درجة من درجات الحياة المشتركة بينهما ، حيث لا ينمو الفطر غالباً خارج عائله الحشرى ، ولكنه يكون موجوداً بصفة مستديمةٍ داخله .

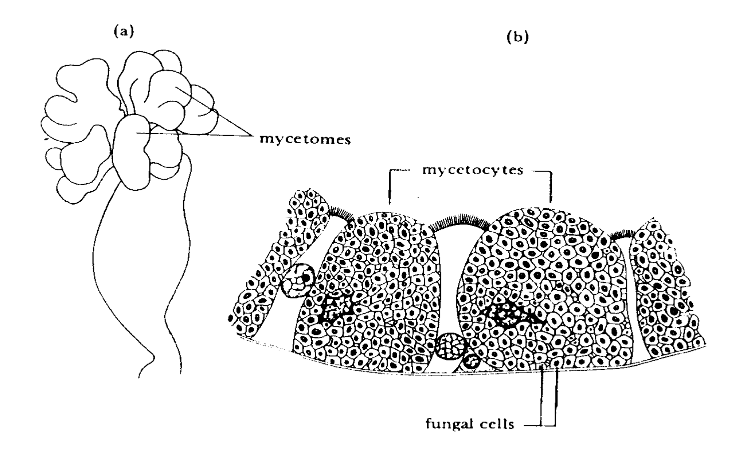
وتسكن هذه الفطريات المتكافلة داخل خلايا بعض الحشرات ، خاصة بعض الأنواع التابعة لرتبتى الحشرات الغمدية الأجنحة Coleoptera والمتشابهة الأجنحة Homoptera ؛ وذلك فى خلايا متخصصةٍ ، يطلق عليها اسم الخلايا الفطرية mycetocytes التى تتجمع فى أعضاء خاصةٍ تسمى "الأجسام الفطرية mycetomes ".

وجميع الفطريات المتكافلة مع مثل هذه الحشرات عبارة عن خمائر أو فطرياتٍ شبيهةٍ بها ، معظمها يتبع الجنسين *Candida* ، و *Torulopsis* ، ويبدو أن هذه الفطريات تمد الحشرات المتكافلة معها ببعض العناصر الغذائية الأساسية التى تفتقدها الحشرة فى غذائها ، بينما يضمن الفطر لنفسه الانتشار إلى بيئات مناسبة لنموه ، دون أن يتعرض لخطر المنافسة أو التضاد .

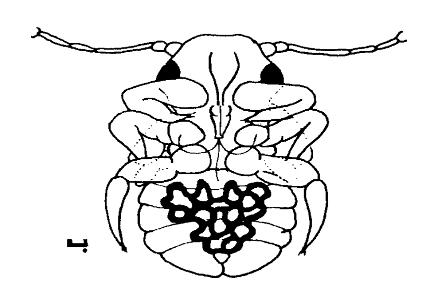
ومن الحشرات المتخصصة فى غذائها حشرة خنفساء المخازن the drug store beetle (*Sitodrepa panicea*) التى تتغذى على مواد غنية بالكربوهيدرات مثل الحبوب والدقيق . ويتعايش مع هذه الحشرات نوع من الخمائر ، يعيش داخل خلايا مستطيلة ، تبطن أربع أنابيب أعورية موجودة فى الطرف الأمامى للمعى الأوسط (شكل ٩ – ٢٦) .

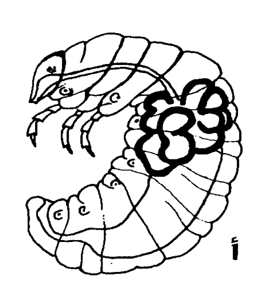
ويعتقد – بصفة عامة – أن بعض الخنافس تعتمد على الخمائر لتوفير الأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات ، وخاصة فيتامين B ، والأسيترولات التى يفتقر غذاء هذه الخنافس إليها . ويمكن ليرقات الخنافس النمو دون إمدادها بخلايا الخميرة ، إلا أن ذلك يعمل على إعاقة نموها بصورة ملحوظة .

وتحتاج هذه اليرقات إلى فيتامين B ، والإستيرولات ، وجميع الأحماض الأمينية الأساسية ، فى الوقت الذى تحتاج فيه اليرقات العادية إلى الأرجينين arginine ، والليوسين leucine ، والثيريونين threonine فقط .



شكل (٩ - ٢٦) : حشرة خنفساء المخازن *Sitodrepa panicea* .
a = الأجسام الفطرية mycetomes ذات الشكل الأعورى الملتف فى مقدمة المعى الأوسط .
b = الخلايا الفطرية mycetocytes ؛ تحتوى على خلايا الخميرة ، على طول الأجسام الفطرية mycetomes .





شكل (٩ - ٢٧) : الفطريات المتكافلة داخل تراكيب فطرية متخصصة :
أ = يرقة حشرة خنفساء المخازن *Sitodrepa paniceum* . فطريات الخميرة تبطن الأنابيب الأعورية فى الطرف الأمامى للمعى الأوسط .
ب = يرقة حشرة خنفساء الأوراق *Psylla buxi* والأنابيب بين العقلية التى توجد بها فطريات الخميرة المتصلة بأعلى آلة وضع البيض .

ويمكن نقل الفطر عن طريق أعضاء أو تراكيب متخصصة داخل أجسام الحشرات؛ مثال ذلك الأنابيب بين العقلية intersegmental tubules ، والتي تتصل من أعلى بغمد آلة وضع البيض ، وبالحوافظ الفطرية الممتلئة بالفطر عند قاعدة آلة وضع البيض (شكل ٩ - ٢٧) .

وعندما تضع الحشرة بيضها ، فإن خلايا الفطر تغطي البيض من الخارج ، وعند فقس البيض ، تلتهم اليرقات أغلفة البيض الملوث بخلايا الفطر ؛ وبذلك يدخل الفطر إلى اليرقات ، ويستمر حتى تتحول العذارى إلى حشرات كاملة .

٣ - رحلة جزيء النتروجين عبر الأحياء :

لا سكون في عالم الأحياء ، الكل يعدو خلف احتياجاته الغذائية ، الإنسان والحيوانات والنباتات وأيضا الأحياء الدقيقة . لا وقت للراحة ، ولا فرصة لالتقاط الأنفاس ، ولا مكان لضعيف أو لهزيل أو لمتكاسل .

وقد تتاح بعض العناصر الغذائية بوفرة ، وقد يعز البعض الاخر ؛ هذا مما يدفع الأحياء إلى التنافس ، بل والتصارع - أحيانا - للحصول على احتياجاتها من الغذاء الضروري وانتزاعه من مصادره الطبيعية . فإذا نجحت في ذلك استطاعت أن تبني أجسامها ، وتستكمل نموها ، وتصمد أمام أعدائها الطبيعية والظروف البيئية القاسية من حولها ؛ فتستمر في الوجود ، وتتكاثر ، وتحافظ على نوعها على مر الدهور ، أما إذا عجزت عن الصمود ولو طرفة عين ، أو تكاسلت عن التأقلم مع تغير الظروف من حولها ، ماتت جوعا ، وانتهى أمرها ، وأصبحت هي نفسها فريسة لغيرها من الكائنات، بلا شفقة ولا رحمة .

وتتكون جميع الأحياء من عناصر واحدة تقريبا ، وتحصل عليها بسهولة إن كانت متاحة بوفرة حولها ، أما إن قلت موارد بعض العناصر تنافس عليها الجميع . إنه صراع دائم صامت ، والبقاء ليس دائما للأقوى ، ولكن - عادة - للأكثر ذكاء ودهاء وتطورا ، وتألفا مع البيئة والكائنات الحية الأخرى من حوله .

ولا تجد بعض الأحياء حرجا في مهاجمة غيرها من الأحياء الأخرى لتحصل على احتياجاتها الغذائية ؛ فتقع بعض الكائنات فريسة لكائنات أخرى أقوى منها ، وقد تقع الأخيرة ضحية لغيرها ... وهكذا . والأمثلة من حولنا كثيرة .

وتعتبر الخلية وحدة تركيب الكائنات الحية ، وهى تتركب أساسا من البروتوبلازم ، الذى يتكون – بـدوره – مـن عنـاصره الأساسـية : الكربـون ، والـهيدروجين ، والنتروجين، والأكسوجين ، والكبريت . وحيث إن الأحياء تعيش معـا فـى عشـيرة ضخمة متداخلة ، فإنها تتبادل عناصرها الغذائية بطريقة عفوية فى دورات طويلـة أو قصيرة ؛ ففى الـوقـت الـذى تتجمع فيه هذه العناصر لتكوين كائن حى سرعان ما يموت ويتحلل فى التربة ، تنفرد هذه العناصر مرة أخرى ، وتعود لتتجمع فى كائن حى اخر ... هكذا .

ولعله من المثير حقا تتبع جزىء مشع من النتروجين – على سبيل المثال – خـلال رحلته عبر الأحياء ، قد تكون من وجهة نظرنا رحلة خيالية ، ولكنه الخيال العلمـى بعينه ؛ فهذه الرحلة تحدث منذ أن خلق الله – سبحانه وتعالى – الأرض ، وستظل حتى يرث الله الأرض ومن عليها .

فجزيء النتروجين – متمثلا فى ملح النترات فى التربة الذى قد لا يكون فى متناول جذور النبات – يتم امتصاصه عن طريق إحدى هيفات فطريـات التربـة ، ويتحـول داخلها إلى بروتوبلازم . وقد تتجمع هيفات هذا الفطر حول جـذور إحـدى الأشجـار لتكون جذورا فطرية (ميكورهيزا mycorrhizal roots) ، وهكـذا ينتقـل جـزىء النتروجين فى رحلته من هيـفات الفطر إلى جذور النبـات ، صـاعدا لأعلـى مـع العصارة المتدفقة عبر أوعية الخشب الناقلة إلى أوراق الشجرة . وفـى خلايـا هـذه الأوراق المحتوية على مادة الكلوروفيـل الساحرة ، يتم التمثيل الضوئى ؛ حيث يشارك النتروجين مرة أخرى فى رحلته لتكوين بروتينات الأوراق .

وتصعد آلاف من شغالات النمل القاطع للأوراق leaf-cutting ants مغطية فروع الأشجار ؛ لتمزق أوراقها ، وتجمع فتاتها الصغيرة ، وتحملها فوق رءوسها فى رحلتها الدءوبة إلى جحورها ؛ حـيث تستقبلها الشغالات ، وتمضغها ؛ لتصنـع منـها مـادة عضوية تزرع عليها فطريات عيش الغراب ، وهكذا ينتقل جزىء النـتروجين مـرة أخرى إلى هيفات الفطر التى يتغذى عليها النمل وتصبح أحد مكوناته .

ويتحرك النمل ليجلب مزيدا من الأوراق ، ويكون هدفا للطيـور ، التـى تلتقطـه وتأكله، ويهضم داخل جهازها الهضمى ؛ لينفرد جزىء النـتروجين مـرة أخـرى ، ويصبح أحد مكونات جسم الطائر ، وقد يصبح أحد مكونات بيضة يضعها هذا الطـائر

فى العش . وقد تأكل أحد الحيوانات (مثل الثعابين) هذه البيضة فى نهاية تعيسة لها ؛ فيتحول جزىء النتروجين إلى جسم هذا الحيوان ، والذى عند موته يكون وليمة تدعى إليها الخنافس ومختلف الأحياء الدقيقة كالفطريات والبكتيريا . ويدخل جزىء النتروجين خلال رحلته الطويلة إلى خلايا هذه الميكروبات وجراثيمها . وقد تجد النيماتودا فى هيفات الفطر وجراثيمه غذاء جيدا ؛ فينتقل جزىء النتروجين إليها . وربما تقع هذه النيماتودا نفسها فريسة لأحد الفطريات المفترسة ؛ فتموت وتتحلل فى التربة ، ويعود جزىء النتروجين للتحرر إلى أمونيا ؛ فتلتقطه جذور النباتات الخضراء ، ويدخل فى تمثيلها الغذائى ... وهكذا .

إنها رحلة طويلة لجزىء النتروجين ، رحلة لا تنتهى ؛ مارة بمختلف الأحياء ، بما فيها الإنسان نفسه عبر أماكن وأزمنة لا نهاية لها ، انها رحلة تذكرنا بالرحالة القدماء ، ولكنها هنا تبدأ من التربة ، وتنتهى إليها ؛ لتبدا مرة أخرى ، ولكنها تمر حتما بالفطريات . (مِنْهَا خَلَقْنَاكُمْ وَفِيهَا نُعِيدُكُمْ وَمِنْهَا نُخْرِجُكُمْ تَارَةً أُخْرَىٰ) . طه (٥٥)

ثانيا ـ الحشرات الناقلة للفطريات الممرضة للنبات :

على الرغم من تعدد وسائل انتقال الوحدات الفطرية propagules (جراثيم – قطع هيفية – أجسام حجرية – أجسام ثمرية ... إلخ) ؛ مثل الرياح والأمطار ومياه الرى والإنسان وغير ذلك ، إلا أن الحشرات تعتبر ناقلا نشطا للفطريات الممرضة ، كما أنها تقوم أيضا بحقنها داخل النسيج النباتى المناسب لها ، ويعمل هذا – بطبيعة الحال – على زيادة كفاءة هذا اللقاح الفطرى ، وشدة فعاليته على النبات العائل .

ولقد سبق لنا التعرض لعديد من الأمثلة ، التى تشرح العلاقة الوثيقة بين بعض الفطريات والحشرات الناقلة لها ؛ مثال ذلك خنافس الأمبروسيا (التى تصيب قلف الأشجار) ، ودبابير الخشب وعلاقتها بالفطريات المحللة لخشب الأشجار .

إلا أنه فى الأمثلة السابقة ، كانت المنفعة متبادلة بين الفطر والحشرة ، ونادرا ما شوهد فى الطبيعة أحدهما دون الاخر . ولكن هناك أمثلة أخرى لعلاقات بين فطريات وحشرات ، يستفيد خلالها طرف دون الأخر ؛ مثال ذلك نقل الحشرة للفطر من مكان تواجده إلى أماكن أخرى مناسبة لم يكن فى إمكانه الوصول إليها دون مساعدة الحشرة.

ونجد – فى مثل هذه الحالات – تخصصا فريدا بين الحشرات والفطريات المنقولة

عن طريقها ، إلى درجة أن مقاومة بعض الأمراض الفطرية الخطيرة – المتسببة عن فطريات ممرضة تنقلها بعض الحشرات – تعتمد أساسا على مكافحة الناقل الحشرى ؛ للحد من انتشار المسبب المرضى الفطرى .

وهناك عديد من الأمثلة توضح ذلك ؛ مثل مرض العفن الداخلى لثمار التين ، وهو نوع من العفن الجاف الذى يصيب ثمار التين الأزميرلى ، الملقحة بحبوب لقاح من التين البرى . ويسبب هذا المرض الفطر *Fusarium moniliforme var. fici* ؛ حيث تنقله حشرة دبور التين *Blastophoga psenes* .

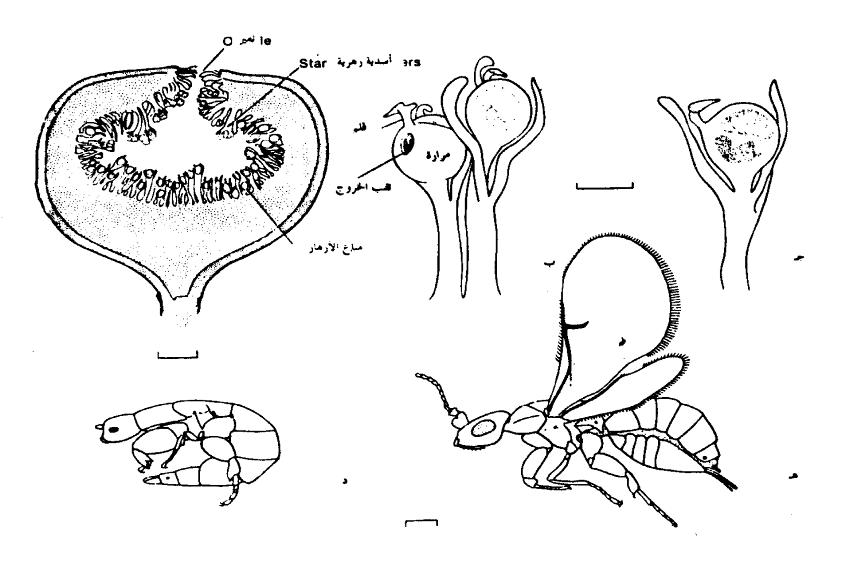
وتلعب هذه الحشرة دورا رئيسيا فى نقل حبوب اللقاح من أزهار محصول الربيع إلى محصول الصيف ، وتنقل معها كونيديات الفطر الممرض ، التى تلتصق على جسمها من الخارج مع حبوب اللقاح (شكل ٩ – ٢٨) .

وفى هذه الحالة لا يمكن الاعتماد على مقاومة الحشرة الناقلة للفطر الممرض فى مقاومة المرض ؛ وذلك لأهمية الحشرة فى عملية التلقيح ؛ لذلك يتبع التخلص من الفطر الموجود داخل محصول الخريف ؛ وبذلك تكون ثمار محصول الربيع خالية من مصدر العدوى ، وتصبح دبابير التين – التى تقوم بتقليح محصول الصيف – خالية من كونيديات الفطر الممرض .

كما يتسبب عن الإصابة بفطر الأرجوت Ergot (*Claviceps purpurea*) إفراز يشبه الندوة العسلية ؛ وذلك عندما يهاجم هذا الفطر الحشائش والغلال ، وهذا الإفراز – الملوث بالجراثيم ، والغنى بالأحماض الأمينية – يجذب إليه بعض الحشرات التابعة لرتبة ذات الجناحين Diptera ، التى تقوم – بدورها – بنقل الجراثيم التى تتعلق على سطحها الخارجى ، أو تنقلها داخليا من خلال ابتلاعها لهذه الجراثيم مع الإفراز العسلى، ثم إفرازها مع البراز .

ومن الفطريات الأخرى الممرضة للنبات – والتى تقوم الحشرات بنقلها – فطر *Gloeosporium perennans* المسبب لمرض القرحة المستديمة فى التفاح ، والذى تنقله حشرة من التفاح الصوفى *Eriosoma lanigera* ؛ وفطر *Phytophthora phaseoli* المسبب لمرض البياض الزغبى فى فاصوليا ليما ، والذى تنقله حشرات نحل العسل ؛ وفطر *Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum* المسبب لمرض ذبول القطن ، والذى تنقله أنواع مختلفة من حشرات نطاطات الأعشاب والجراد من الجنسين

Schistocerca و *Melanoplus* ؛ والجراثيم البكنية لفطريات الأصداء التى تنقلها عديد من الحشرات .



شكل (٩ - ٢٨) : نقل حبوب اللقاح وكونيديات الفطر المسبب لمرض العفن الداخلى لثمار التين (*Fusarium moniliforme* var. *fici*) بواسطة حشــرة دبــور التيــن *Blastophaga psenes* .

أ - ثمرة تين أزميرلى وقت خروج الدبابير .

ب - زهرة متورمة بداخلها دبور ذكر وزهرة أخرى بها ثقب الخروج .

جـ - زهرة متورمة بداخلها أنثى الدبور .

د - حشرة ذكر .

هـ - حشرة أنثى .

ومن الحشرات الناقلة للفطريات الممرضة للنبات ، حشرة التربس *Thrips* ؛ وهــى حشرة تتميز بكثرة تواجدها فوق المجموع الخضرى لجميع الأنواع النباتيـــة ، فضـــلا على مخلفات الأوراق ، وتحت قلف الأشجار ؛ حيث تقوم بنقل أنـــواع مختلفـــة مـــن الجراثيم الفطرية على جسمها .

ومن الدراسات الحديثة مانشره Fermaud & Gaunt (1995) عن نقــل كونيديــا الفطر *Botrytis cinerea* ؛ المسبب لمرض عفن قمة الســاق stem end rot لثمــار الكيوى فى المخزن storage rot of Kiwi fruit فى نيوزيلاندا بواسطة حشرة التربس *T. obscuratus* .

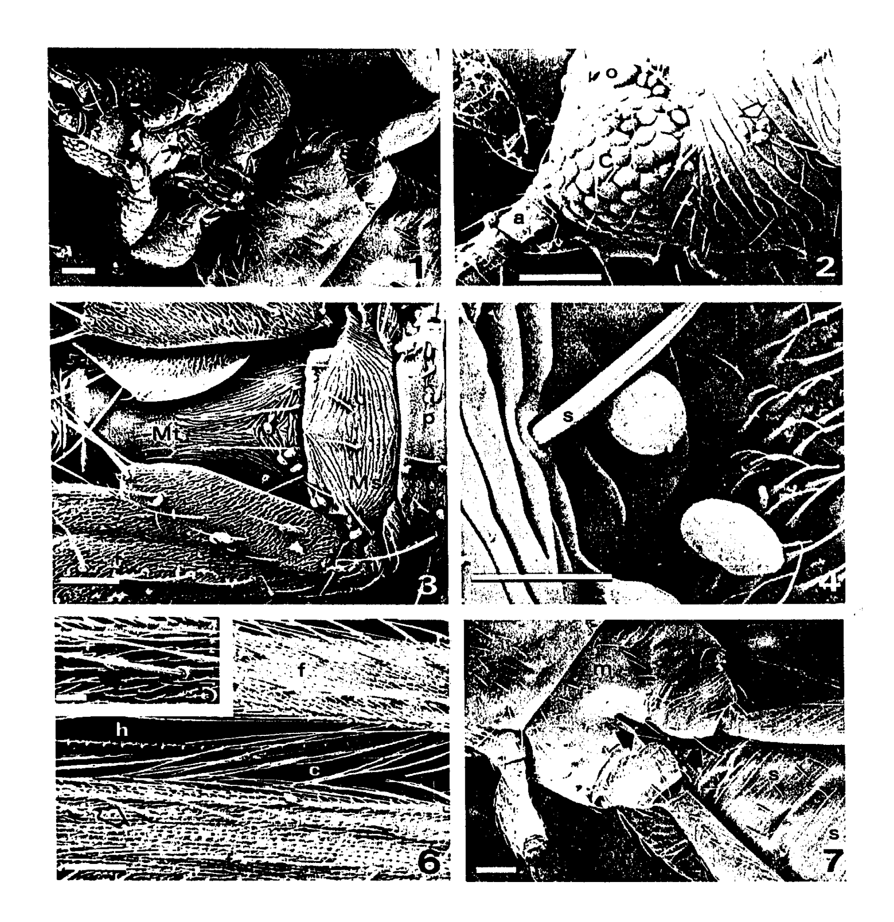
وتنتشر حشرة التربس فى نيوزيلاندا بصورة وبائية ، وخاصة على أزهار وثمــار الكيوى ؛ حيث تتغذى على حبوب اللقاح ، وأثناء ذلك تنقل كونيديات بعض الفطريــات الممرضة ؛ مثل كونيديا فطر *B. cinerea* .

ولقد وجد Ondrej (1973) أن هذه الحشرات تقوم – أيضاً – بنقل فطر *B. fabae* المسبب لمرض تبقع أوراق الفول ، وعنــد فحصه لجسم الحشرة من الخارج ، وجدت كونيديات الفطر عليها ؛ لذا كان الهدف من هــذه الدراســة الحديثــة (Fermaud & Gaunt, 1995) إثبات قدرة حشرات التربس على نقل كونيديــات الفطــر المســبب لأمراض ثمار الكيوى باستعمال الميكروسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى قدرة حشرات التربس على حمل كونيديات الفطر *B. cinerea* على الجليد الخارجي لجسمها ؛ حيث وجدت هذه الكونيديات فى المناطق ذات التضاريس العميقة والثنايا الواضحة من الجليد بين الحلقات وتحــت الشعــيرات ، بينما كانت هذه الكونيديات نادرةً على الأسطح الملساء .

وتدل طبيعة توزيع كونيديات هذا الفطر على سطح حشرة التربس علــى أن النقــل ميكانيكى . وتبدأ حشرات التربس فى حمل كونيديات الفطر *B. cinerea* فى الظروف الطبيعية منذ إزهار نباتات الكيوى حتى سقوط البتــلات؛ ويتوقف ذلك – بطبيعة الحال – على وفرة لقاح الفطر فى بساتين أشجار الكيوى خلال فترة الإزهار . وفى هذه الفــترة تساعد الظروف الجوية على نمو الفطر، وتوفير لقاحه؛ لمزيدٍ من الانتشار بفعل الحشرة.

ويتم تلقيح زهرة الكيوى هوائيًا بواسطة حبوب لقاح جافةٍ تنتقــل بالريــاح ، إلا أن الأزهار المتفتحة تجذب إليها حشرات التربس ، حاملة معها كونيديات الفطر الممرض. ويقل عدد الكونيديات المنقولة عن طريق حشرة التربس عند سقوط بتلات الأزهــار ؛ حيث تصل إلى حوالى ١٢ كونيدة لكل حشرةٍ ، وهــذا رقم قليل للغاية عنــد مقارنتــه بعدد كونيديات الفطر *Monilinia fructicola* (حوالى ١٧٠ كونيدة لكل حشرة تربس) فى بساتين الفاكهة ذات النواة الحجرية (Ellis et al., 1988) . وربما يرجع ذلك إلى عدد مرات زيارة الحشرة إلى الأزهار ، ووفرة كونيديات الفطر على تقرحات الثمار .



شكل (٩ - ٢٩)

شكل (٩ – ٢٩) : صور بالميكرسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) لكونيديات الفطر *Botrytis cinerea* على جليد حشرة التربس *Thrips obscuratus* تركت مع الفطر لمدة ٤ ساعات (طول الشريط الأبيض = ٤٠ ميكرونا ، ما عدا رقم ٤ ، ٥ = ١٠ ميكرونات) . عن : (Fermaud & Gaunt (1995 .

١ – كونيديا الفطر (مشار إليها بالسهم) متجمعة حول أجزاء فم الحشرة .
٢ – رأس حشرة التربس ملتصق به كونيديا الفطر (مشار إليها بالسهم) بالقرب من العين المركبة (C)، وعلى فقرات قرن الاستشعار (a)، بينما (o) عبارة عن العيون البسيطة .
٣ – الصفائح الجليدية لظهر حشرة التربس ، بينما تمثل Mt ، Ms ، p الترجات الأولى والثانية والثالثة ، حاملة كونيديات الفطر *B. cinerea* ، (f) عبارة عن الجناح الأمامى للحشرة .
٤ – كونيديات ملتصقة على الخط الفاصل بين الترجة الوسطى وأهداب الجناح الأمامى ، بينما تمثل (s) شعرة .
٥ – كونيدة للفطر *B. cinerea* (مشار إليها بالسهم) تحت شعرة رئيسية فى الجناح الأمامى .
٦ – منظر ظهرى لجناح أمامى ملوث بكونيديات الفطر بدرجة بسيطة ، بينما يمثل (h) الجناح الخلفى .
٧ – منظر جانبى للصدر الخلفى (m) والحلقة البطنية الأولى (s) ، يوضح كونيديات الفطر (مشار إليها بالسهم) ؛ ملتصقة على عضلة الرجل الخلفية .

ومن ناحية أخرى ، تعمل حبوب اللقاح المنقولة مع كونيديات الفطر *B. cinerea* على تشجيع إنباتها ، وزيادة نمو أنابيب الإنبات بصورة ملحوظة ، كما تعمل على زيادة إصابة بتلات الأزهار (Blakeman, 1980) ، حيث تحتوى حبوب لقاح الكيوى على محتوى عال من السكريات المختزلة والأحماض الأمينية التى تتغذى عليها حشرات التربس (Day et al., 1990) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فهناك كثير من الحشرات – كالمن ، والذباب الأبيض ، والبق الدقيقى ، والحشرات القشرية – التى تتغذى على العصارة النباتية ، وتخرج الماء والمواد السكرية الفائضة عن حاجتها فى صورة مادة عسلية (ندوة عسلية) .. وهذه المواد السكرية تكون بيئة ملائمة تنمو عليها فطريات العفن الأسود .

ومن أمثلة الفطريات السابقة ، الفطر *Capnodium citri* الذى ينمو على سطح أوراق وثمار الموالح المصابة بالحشرات السابقة ، حيث تظهر النموات الفطرية على شكل نسيج قطيفى أسود اللون .

ويستمر نمو هذا الفطر سطحيا ، ولا تخترق هيفاته أنسجة النبات ، إلا أنـــه يعــوق عديدا من العمليات الحيوية الهامة للنبات ؛ مثل التنفس من خلال الثغـــور ، والتمثيــل الضوئى لحجب الضوء عن خلايا سطح الأوراق . وعند إصابة ثمـــار الموالـــح بــهذا الفطر فى أولى مراحل تكوينها ، فإنها تتشوه ، وتقل قيمتها التجارية .

وتقوم بعض الحشرات بتهيئة الظروف المناسبة لنمو الفطريات ؛ مثال ذلك إصابـــة لوز القطن بديدان اللوز الشوكية والقرنفلية ؛ محدثة ثقوبا وأنفاقا فى مصاريع اللوزة ، ويعمل ذلك على سهولة إصابة اللوز بفطـــر *Rhizopus nigricans* ، الــذى يــهاجم شعيرات القطن خلال تكوينها ، مسببا مرض العفن الجاف .

وهناك أمثلة لا حصر لها لحشرات تقوم بدور فعال فى نقل الفطريـــات الممرضـــة للنبات ، بل ومساعدتها على إصابته ؛ وهذا يدل على النشـــأة المشتركـــة لكـــل مـــن الحشرات والفطريات ، والتى جعلت كلا منهما يعتمد على الاخر ليبقـــى علـــى قيـــد الحياة، منذ مئات ملايين السنين التى مضت ، وغيرها ات فى المســـتقبل إن شـــاء الله تعالى .

ثالثا - الوضع التقسيمى لأهم الفطريات الممرضة للحشرات :

١ - تحت قسم الماستيجومايكوتات Sub Division : Mastigomycota :

تتميز الفطريات التابعة لها بتكوين جراثيم هدبية متحركة ، فى حيـــن أن أطوارهـــا الجنسية عبارة عن جراثيم بيضية ، وتضم طائفتين :

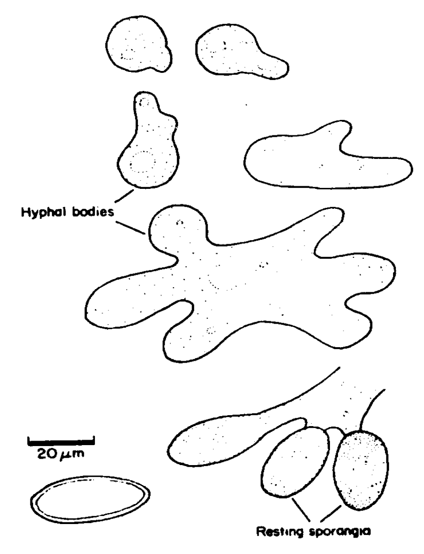
أ - طائفة الفطريات الكيتريدية Class : Chytridiomycetes :

ويتبعها رتبة Blastocladiales . وأهـــم أجناســـها : *Coelomomyces* الممـــرض ليرقات الباعوض والذباب الأسود والهاموش .

ويتميز الجنس *Coelomomyces* بأنه يتركب من ثالوس فطرى عبارة عن جســـم عار يفتقد إلى وجود الجدر الخلوية ، يشبه البلازموديوم naked plasmodium like thallus ، ولايحتوى على أشباه جذور rhizoids (شكل ٩ - ٣٠) .

وتتطفل الأنـــواع التابعـــة لهذا الجنس (مثل *C. psorophorae* و *C. punctatus*

و *C. dodgei*) على يرقات الباعوض الحديثة الفقس ، وقد تصاب الحشرات الكاملة .
كما تهاجم أنواع عديدة لهذا الجنس يرقات الهاموش وذباب الرمل والذباب الاسود ؛
حيث تتم العدوى عن طريق الجراثيم الهدبية المتحركة بسوط خلفي وحيد .

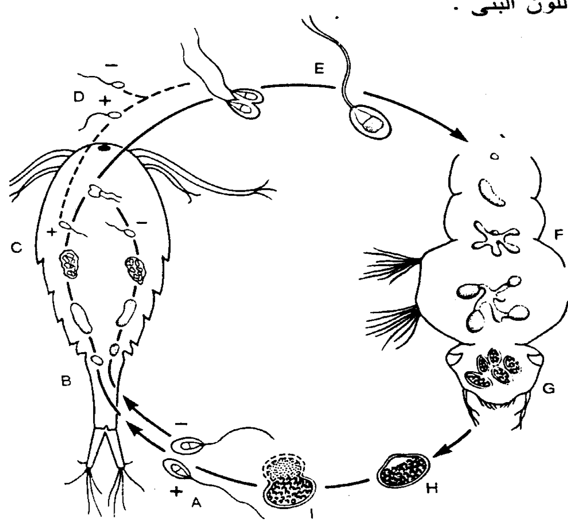


شكل (٩ - ٣٠) : الفطر *Coelomomyces pentangulatus* **، توضح تراكيب الفطر المختلفة : أجسام هيفية ، ثالوس جسدى فطرى ، وأكياس أسبورانجية ساكنة .**

ويتم الفطر دورة حياته على عائلين متبادلين : الأول ثالوس فطرى يهاجم يرقات الباعوض فى الماء ، والثانى ثالوس جاميطى يتطفل على حيوان مائى صغير يتبع مجدافيات الأرجل copepod (شكل ٩ - ٣١) .

ويكون الفطر جراثيمه السابحة فى الماء ، وهى تسبح لفترة ، ثم تسكن وتفقد أهدابها، وتتحول إلى خلايا مستديرة . وعند وجود العائل الحشرى المناسب (يرقات الباعوض) تنبت هذه الخلايا بعد فترة سكون قصيرة ؛ مرسلة أنبوب إنبات يخترق جليد العائل مكونا داخله ميسليوما غير مقسم (شكل ٩ - ٣١ - F ، G) .

وفى المراحل المتقدمة من الإصابة يتحول الميسليوم الفطرى إلى أكياس جرثوميـــة عديدة الأنوية ، تتكون داخلها جراثيم سابحة وحيدة النواة تمـــلأ فــراغ جســم اليرقــة المصابة (شكل ٩ – ٣١ – G) ؛ حيث تتحرك داخل العائل ســـابحة فـــى ســـوائل الجسم، وتصبح فى كل مكان من الرأس حتى الخياشيم الشرجية ، ويتحول لون اليرقـــة المصابة إلى اللون البنى .



شكل (٩ – ٣١) : دورة حياة الفطر *Coleomyces psorophorae*: الطورين F، G داخـــل يرقة باعوضة والطوران B ، C داخل حيوان مجدافى الأرجـــل ، فى حين أن الأطوار D ، E ، H ، I ، A منتشرة فى الماء .

ويكون الفطر ثالوسه الجاميطى فى الحيوان القشرى ؛ وذلك عـــن طريـــق تـــزاوج جاميطتين مختلفتين ومتحركتين(شكل ٩ – ٣١ – A) ؛ حيث تتم مراحـــل التكـــاثر الجنسى بداية من الاندماج البلازمى ، ثم الاندماج النووى لتكوين الزيجـــوت ، وبعـــد ذلك ينقسم الزيجـــوت انقساما اختزاليا تعقبه انقسامات غير مباشرة ؛ حيث يتكـــون – بعد ذلك – كيس أسبورانجى عديد الأنوية . وتتميز هذه الأكياس الأســـبورانجية بكـــبر حجمها؛ حيث يتراوح قطرها بين ٢٨ و ٥٠ ميكرونا ، وعـــادة مـــا يكـــون شكلـــها بيضاويا ، ويغلب عليها اللون البنى الداكن (شكل ٩ – ٣١ – C) .

ولقد أجريت عدة محاولات لاستخدام بعض الأنـــواع التابعـــة لـــهذا الجنـــس فـــى المكافحـــة الحيويـــة للباعـــوض (Federici, 1977) ؛ فمثلا يســـبب الفطـــر *C. indicus* إبادة كاملة لبعوض الجامبيا فى زيمبابوى ، بينما يسبب الفطـــر *C. apifexi* قتل حوالى ٦٧٪ من الباعوض فى نيوزيلاندا ، ويقتل الفطر *C. punctatus* نصـــف عشيرة باعوضة الأنوفليس ، وحوالى ٣٧٪ من بعوضة الأيدس فى الولايات المتحدة .

وتتميز الأنـــواع التابعة لهذا الجنس بتخصصها الشديد فى إصابة عوائلها الحشرية، كما أنه من السهل زراعتها على يرقات الباعوض بطريقة مكثفة لإنتـــاج مستحـــــضر من جراثيم الفطر بصورة تجارية ، يمكن استخدامها على نطاق واسع فـــى المكافحـــة الحيويـــة .

ويعيب هذه الفطريات عدم إمكانية زراعتها على بيئات غذائية فى المعمل، كمـــا أن بعض أنواعها يهاجم بعض الحشرات المفترسة التى تعتبر أعداء طبيعيـــة للحشـــرات الضارة ؛ فمثلا يصيب الفطر *C. notonectae* يرقات الباعوض ، لكنه – فى الوقـــت نفسه – يفتك بخنافس النوتونكتا التى تفترس حشرات الباعوض .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن استخدام جراثيـــم الأنـــواع المختلفـــة مـــن الجنـــس *Coelomomyces* فى المكافحة الحيوية يسبب حساسية للجهاز التنفسى للإنسان ؛ ممـــا يعوق استخدام مستحضرات هذا الفطر بصورة تجارية .

ب – طائفة الفطريات البيضية : Class : Oomycetes :

رتبة Saprolegniales : من أهـــم الأجنـــاس التابعـــة لـــهذه الرتبـــة الفطـــر *Leptolegnia* الذى يتبع العائلة Saprolegniaceae . ويتميز هذا الفطر بأنه ينمو فـــى مياه البرك متطفلا على يرقات الباعوض .

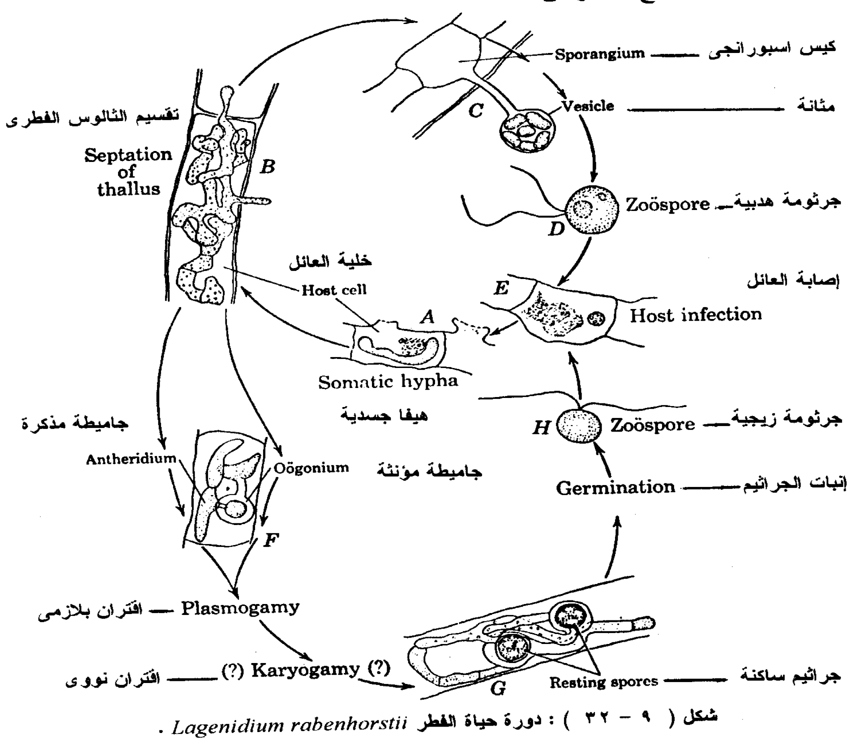
ويتميز الفطر *Leptolegnia* بأنه يكون ميسليوما فطريا عديد الأنوية ، غير مقســـم وغزير التفرع ، وهو ينمو بغزارة حول يرقات البـــاعوض المصابـــة . ولا تتكـــون حواجز فى الهيفات إلا تحت الأعضاء التناسلية مباشرة ؛ فتفصلها بذلك عن الـــهيفات . ويتفاوت قطر الهيفات إلى حد كبير .

وينتج هذا الجنس طرازين من الجراثيم السابحة ؛ حيـــث تتحـــرر مـــن الحافظـــة الجرثومية جراثيم سابحة أولية تتحوصل بعد أن تسبح لفترة ، إلا أن هـــذه الحويصلـــة

تعطى جرثومة سابحة ثانوية بدلا من إنباتها بواسـطة أنبـوب إنبـات . وتسـبح الجرثومة السابحة الثانوية فترة سباحة ثانية ، ثم تتحوصل وتنبت بواسطة أنبوب إنبات . ويعرف ذلك باسم الجراثيم الثنائية الفترة السابحة diplanetism .

ويتم التكاثر الجنسى فى هذا الجنس بواسطة تلامس الحوافظ الجاميطيـة وانتقـال الجاميطات المذكرة إلى الحوافظ الجاميطية الأنثوية خلال أنبوب إخصاب .

رتبة Lagenidiales : وهى إحدى الرتب الصغيرة التى تضم ثلاث عـائلات ؛ أهمها العائلة Lagenidiaceae ، ويتبعها الفطر *Lagenidium alganicum* الذى يتطفل على عديد من أنواع الباعوض .



شكل (٩ - ٣٢) : دورة حياة الفطر *Lagenidium rabenhorstii* .

ويتميز هذا الفطر بأنه يتركب من هيفات قصيرة غير مقسمة ، قد تكون متفرعــــة ، وعندما يصادف يرقة باعوض – سيئة الحظ – فإنه يهاجمها ويخترق جسمها ؛ حيــــث ينمو إلى عدد قليل من الخلايا . وتتحول كل خلية إلى عضو تناسلى قد يكون حافظـــة جاميطية أو حافظة جرثومية . وتنطلق الجراثيم الســابحة مـن الحوافــظ الجرثوميـــة المتعددة الأنوية؛ حيث يتم تحرر الجراثيم الهدبية عن طريق أنبوبة أو أكثر من أنـــابيب التحرر ؛ التى تتكون فى جدار الحافظة الجرثومية ، وتنفذ إلى الخارج خــــلال جـــدار خلايا يرقة الباعوض المصابة .

وتتكشف فى هذا الفطر حويصلة vesicle رقيقة شبيهة بالفقاعة عند فوهـــة أنبوبـــة التحرر ؛ مما تجعل الحافظة الجرثومية تبدو وكأنها تدفع بفقاعة من الصابون .

وينساب بروتوبلاست الحافظة الجرثومية خلال أنبوبة التحرر إلـــى الحويصلـــة ، ويتميز فيهـــا إلى جراثيـــم ســـابحة ، وتتحرر الأخيرة إلى الماء المحيـــط بـــها عنـــد انفجار الفقاعة . وتسبح هذه الجـــراثيم فيمـــا يحيـــط بها من مـــاء حـــتى تصـــادف يرقة باعوض ؛ حيث تخترق جدارها ، وتكون ثالوسا فطريا داخليا يعيـــد دورة حياتها (شكل ٩ – ٣٢) .

٣ – تحت قسم الفطريات الزيجية Sub Division : Zygomycotina

تتميز هذه الفطريات بأنها تتكاثر جنسيًا عن طريق التزاوج بين حوافظ جاميطيـــة ؛ وينتج عن ذلك تكوين جـــرثومةٍ زيجيةٍ zygospore ، بينما تتكاثر لاجنســـيًا بواســـطة جـــراثيم غـــير متحركةٍ ؛ تتجمع فى حوافــــظ جرثوميـــةٍ ، أو قـــد تكـــون منفـــردةً تـــُعـــرَف بــــ " الكونيديات " .

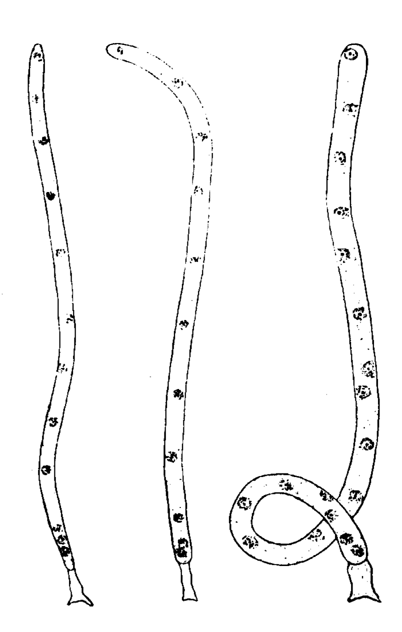
ويضم هذا التحت قسم طائفتين تحوى فطرياتٍ لها علاقة وثيقة بالحشرات . وفيما يلى توضيح لهاتين الطائفتين :

أ – طائفة الترايكوميسيتات Class : Trichomycetes :

تتبع هذه الطائفة مجموعة كبيرةً من الفطريـــات ذات علاقـــةٍ وطيـــدةٍ بمفصليـــات الأرجل؛ حيث تكون ثالوسا خيطيا بسيطا ، قد يكون متفرعا ، يلتصق بالقناة الهضميـــة أو الجليد الخارجى لمفصليات الأرجـــل – كالحشـــرات – بواســـطه خلية قاعديـــة ،

بينما الهيفات الفطرية محدوده النمو ، ولا تكون مطمورة داخل أنسجة العائل الحشرى .

تضم هذه الطائفة ٣٠ جنسا من الفطريات ، تحتوى على ١٠٠ نوع ، تعيش متطفلة أو متعايشة مع مفصليات الأرجل الحية . يتم التكاثر الجنسى بتكوين جراثيم ساكنة ذات جدار سميك تماثل الجراثيم الزيجية ، بينما تتكاثر لا جنسيا بواسطة الجراثيم الأسبورانجية الكبيرة أو الصغيرة .



شكل (٩ – ٣٣) : ثالوسات لثلاثة أنواع من الاكرينالات ، تبين الخيوط الفطرية والماسكات .

وتضم هذه الطائفة أربع رتب ، تحتها سبع عائلات ؛ وهى .

*** رتبة Amoebidales :**

تضم عائلة واحدة ؛ هى Amoebidiaceae ، تحوى جنسين . أهم الفطريات التابعة لها الفطر *Amoebidium parasiticum* المتطفل على يرقات الباعوض (شكل ٩ - ٣٥ - C) .

*** رتبة Eccrinales :**

تتميز الفطريات التابعة لهذه الرتبة بأنها تعيش داخل أجسام الحيوانات المفصلية الأرجل ؛ حيث تلتصق - عادة - بالقناة الهضمية لها متعايشة وليست متطفلة . والتركيب الجسدى لها محدود ، يتكون من هيفات فطرية مندمجة ، طويلة ورقيقة ، مستقيمة أو مقوسة حلزونية . الجدار الخلوى يحتوى على سيليلوز ، والجزء القاعدى من الهيفا الفطرية يكون على هيئة ماسك يشبه القرص يلتصق بالعائل الحشرى (شكل ٩ - ٣٣) .

ويتم التكاثر اللاجنسى فى هذه الفطريات بواسطة عدة أنواع من الجراثيم ؛ مثل الجراثيم الأسبورانجية العديدة الأنوية والجراثيم الأسبورانجية الوحيدة النواة ، بينما تتكاثر جنسيا باندماج بروتوبلازم زيجوت فردين يتحول إلى جرثومة زيجية ساكنة .

وتضم هذه الرتبة ثلاث عائلات ، تحوى ١٣ جنسا ، والعائلات هى :

أ - عائلة Eccrinaceae

ب - عائلة Pavalasciaceae

جـ - عائلة Parataeniellaceae

*** رتبة Asellariales :**

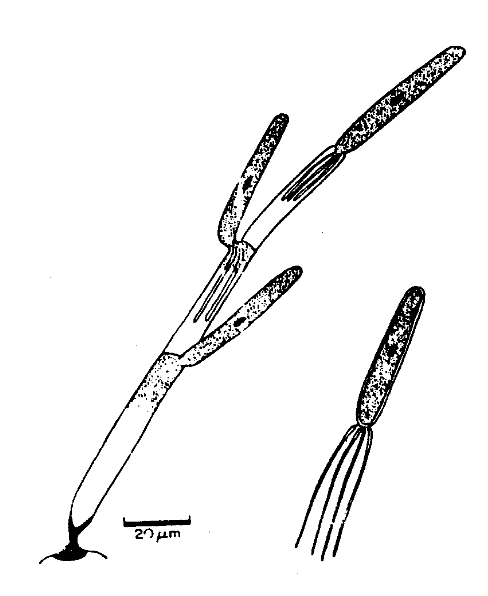
تضم عائلة واحدة ؛ هى Asellariaceae ؛ بها ثلاثة أجناس ، وأهمها الجنس *Asellaria* (شكل ٩ - ٣٥ - d) .

* رتبة **Harpellales** :

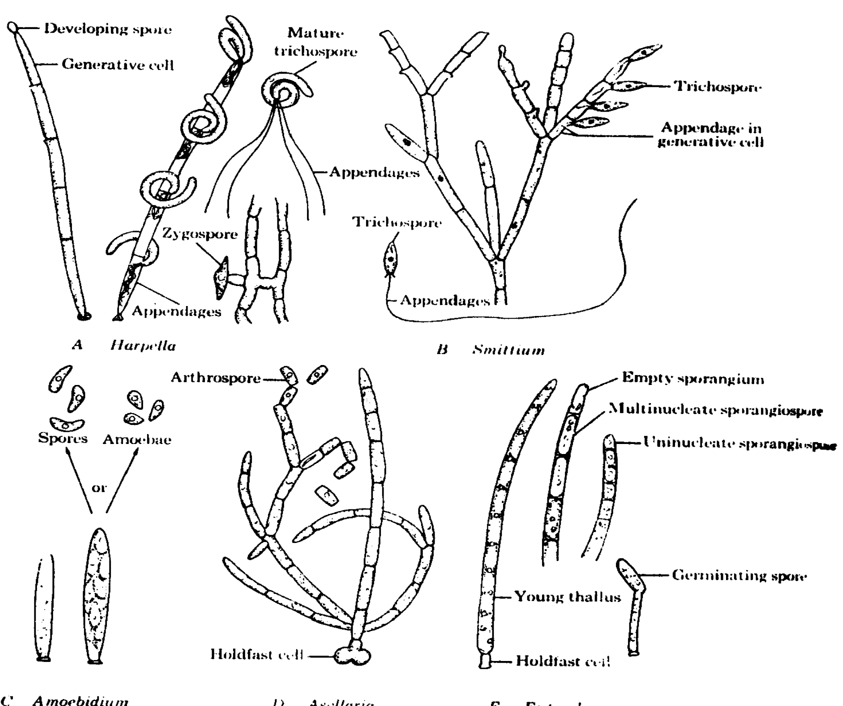
تضم عائلتين بها اثنا عشر جنسا . والعائلتان هما :

** عائلة **Harpellaceae** : وتضم الجنس *Harpella* والجنـــس *Smittium* . ومن أهم الفطريات التابعة لها الفطر *S. marbosum* الذى يصيب يرقـــات الحشرات عبر قناتها الهضميــــة (شكــل ٩ - ٣٥ - b) ، والفطـــر *H. melusinae* (شكل ٩ - ٣٤) .

** العائلة **Genistellaceae** : وتضم الجنس *Genistella* .



شكل (٩ - ٣٤) : الفطر *Harpella melusinae* **. ثالوس فطرى غير متفـــرع يحمـــل ثـــلاث كونيديات والرابعة بعد تحررها .**



شكل (٩ – ٣٥) : بعض الأجناس التابعة للترامكوميسيتات Trichomycetes :

a = *Harpella* (Harpellales) b = *Smittium* (Harpellales)
c = *Amoebidium* (Amoebidiales) d = *Asellaria* (Asellariales)
e = *Enterobryus* (Eccrinales)

ب – طائفة الفطريات الزيجية Class : Zygomycetes :

• رتبة Mucorales :

تكوّن الفطريات التابعة لهذه الرتبة هيفاتٍ كثيفة غير مقسمةٍ ، بينما تتكون حواجــز عند قواعد الأعضاء التناسلية . وقلما تتكون حواجز فى غير ذلـــك إلا عندمــا يتقــدم

الميسليوم الفطرى فى العمر ؛ حيث تتكون حواجز مصمتة نتيجة لنمو حلقى يبدأ من جدار الهيفا .

ويتم التكاثر اللاجنسى بتكوين جراثيم غير متحركة توجد داخل أكياس جرثومية ، محمولة – عادة – على حوامل جرثومية بسيطة أو غير متفرعة ، بينما يتم التكاثر الجنسى عن طريق التزاوج بين حافظتين جاميطيتين عديدتى الأنوية ، قد تكونا مختلفتين فى الحجم .

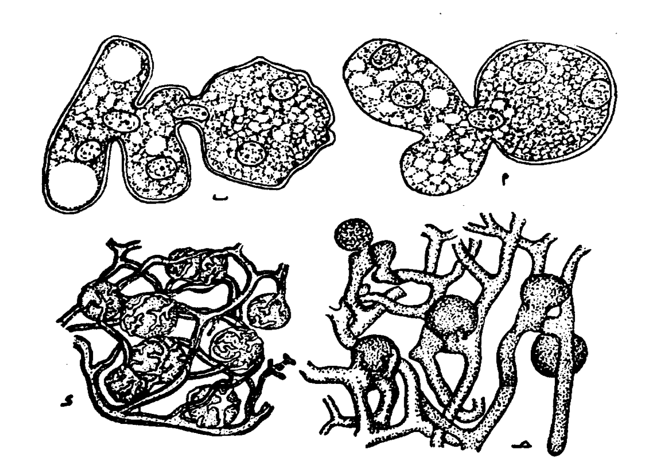
ومن أهم الفطريات التابعة لطائفة الفطريات الزيجية الفطر *Sporodinella umbellata* المتطفل على آفات أوراق الكاكاو ، والذى يتبع العائلة Mucoraceae .

*** رتبة Entomophthorales :**

تتضمن هذه الرتبة فطريات تعيش غالبا على الحشرات . ويتركب ميسليوم الفطر من هيفات يتكون بها حواجز ، سرعان ما يتفتت إلى أجزاء تعرف باسم الأجساد الخيطية الفطرية hyphal bodies . وتتكاثر مثل هذه الأجسام بالتبرعم أو بالانقسام الثنائى ، ولا يلبث كل جسم فيها أن ينتج حاملا كونيديا يحمل عند طرفه كونيدة واحدة .

ويتم التكاثر اللاجنسى فى هذه الفطريات عن طريق تكوين أكياس صغيرة تنتهج مسلك الكونيدات ؛ حيث تتكون على حوامل كونيدية بسيطة أو متفرعة . وتقذف هذه الكونيدات بقوة من على حواملها الكونيدية ، بينما تتكاثر هذه الفطريات جنسيا باتحاد جاميطات قد تأخذ شكل الهيفات مكونة جراثيم زيجية zygospores . وفى بعض الحالات يتم تكوين الجرثومة الجنسية بالتوالد البكرى دون اندماج جاميطى ؛ حيث يعرف ذلك باسم الجراثيم غير الزيجية azygospores .

وتضم الرتبة Entomophthorales ثلاث عائلات ؛ هى Zoopagaceae التى تحتوى على ١٣ جنسا تحتها ٦٠ نوعا ؛ معظم أفرادها يتطفل على النيماتودا والأميبا وغيرها من الحيوانات الأرضية الصغيرة ، كما تضم هذه الرتبة العائلة Basidiobolaceae ، وتحتوى على جنس وحيد هو *Basidiobolus* ، ثم العائلة الثالثة Entomophthoraceae وهى أكبر العائلات ؛ حيث تحتوى على ١٢ جنسا تحتها ١٦٧ نوعا ، معظمها يتطفل على الحشرات ؛ أهمها الأجناس : *Entomophthora*، و *Conidiobolus* ، و *Zoophthora* ، و *Erynia* ، و *Massospora* و *Neozygites*.



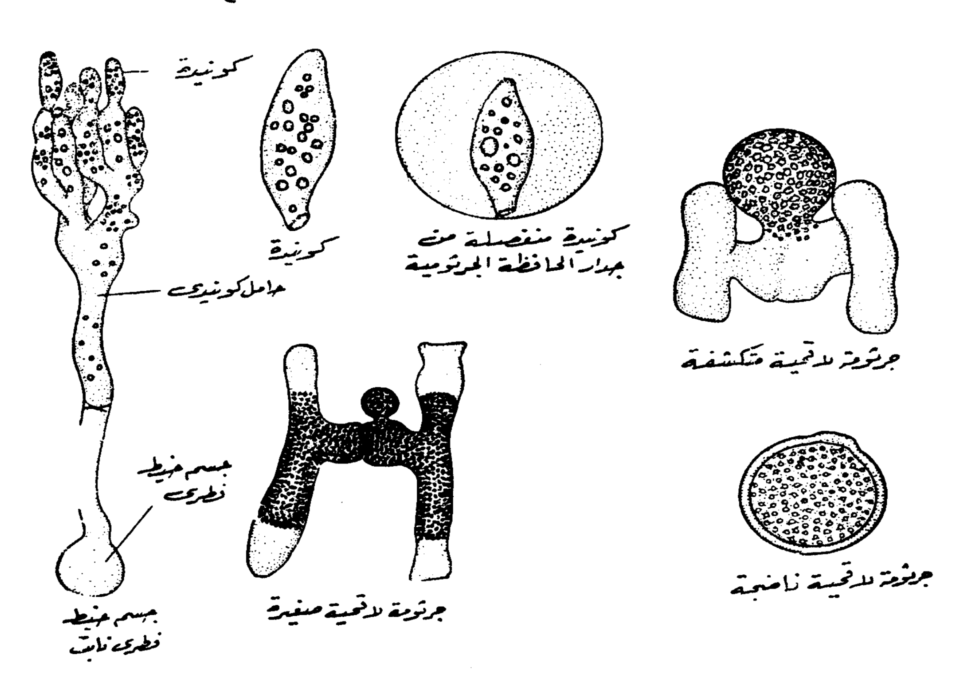
شكل (٩ - ٣٦) الفطر *Entomophthora americana* : (أ) أجسام هيفية عديدة الأنوية ، وجرثومية زيجية ، نامية من مكان الاتصال . (ب) جرثومة زيجية مستديرة ناشئة من جانب إحدى الهيفات عديدة الأنوية للفطر *Entomophthora rhizospora* . (جـ) جراثيم زيجية حديثة . (د) جراثيم زيجية ساكنة .

وتسبب أنوع عديدة من الأجناس السابقة أمراضا لعديد من العوائل الحشرية ، وكثيرا ما تصيب الحشرات الضارة بالإنسان أو النبات أو الحيوان ، وتتحلل جميع أعضاء الحشرة ؛ حيث تختزل إلى غلاف جلدى فارغ .

وفى الجنس *Entomophthora* – على سبيل المثال – تخترق أنبوبة إنبات الكونيدة جليد العائل الحشرى ، وتكون داخل جسمه قطعا عديدة غير منتظمة من الهيفات الفطرية ، تتكاثر بالتبرعم . وعندما يقترب العائل الحشرى من الموت ، يتفتت الميسليوم الفطرى إلى أجزاء صغيرة رقيقة الجدر ، عديدة الأنوية ، يطلق عليها اسم " الأجسام الهيفية hyphal bodies " .

وقد تستمر هذه الأجسام الهيفية فى الانقسام والتبرعم داخل العائل الحشرى لمدة ما ، فإذا مات تتحول هذه الأجسام الهيفية إلى جراثيم كلاميدية ذات جدر مغلظة ؛ حيث تمر بفترة راحة (سكون) . وتستعيد هذه الجراثيم نشاطها مرة أخرى عند توفر

الدفء والرطوبة ؛ حيث يتكون على سطح العائل حوامل كونيـــدية طويلة ، مقسمة في حالة الجنس *Entomophthora* ، وتتكون – عادة – سلسلة من قطع ثنائية النواة .



شكل (٩ – ٣٧) : الفطر *Entomophthora sepulchralis* يوضح هيفـــات الفطـــر وتكويـــن الكونيديات ، ثم مراحل تكوين الجراثيم الزيجية .

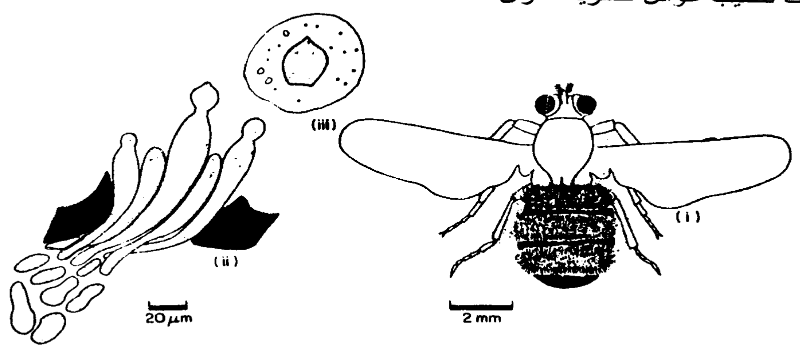
وقد ينقسم الحامل الكونيدى الابتدائى – مرة بعد أخرى – عندما تكـــون الظـــروف ملائـــمة للنمو ؛ مما ينتج عنه تكوين مجموعة عمادية الشكـــل ، مزدحمـــة ، مـــن الحوامل الكونيـــدية . وتظهر هـــذه الحوامل كخصلة واضحة علـــى ســـطح العـــائل الحشرى .

ويتكون عند طرف كل حامل كونيدى كونيدة كبيرة الحجم وحيدة النواة، تقذف بعيدا لمسافة ٢-٣ سنتيمترات . وتحمل الكونيدة فى عديد من الأنواع وسادة لزجة تلتصق بواسطتها بأى شىء تصادفه ؛ مما يسهل لها إصابة الحشرات التى تتحرك حولها .

ويوجد فى بعض الأنواع التابعة لهذا الجنس (مثل الفطر *E. americana*) تكاثر جنسى ؛ حيث يتحد جسمان هيفيان بالقرب من أطرافهما (شكل ٩ - ٣٦) .

وتمر النويات ومعظم السيتوبلازم من كلا الجسمين إلى نمو خارجى ، نام من أحدهما عند مكان بعيد عن موضع الاتحاد . وتنفصل الجرثومة الزيجية الحديثة التكوين بجدار ، وتمر فى طور راحة (شكل ٩ - ٣٦ - د) حتى الصيف التالى .

ويصيب الفطر *Massospora cicadina* الحشرة *Magicicada septendecim* ، وهى نوع يظهر على سطح الأرض فى فترات متباعدة ، ويحتمل أن يصاب العائل الحشرى أثناء معيشته تحت الأرض . ويصيب الفطر الجزء الخلفى من العائل الحشرى مسببا له موتا بطيئا . ولا تظهر كونيديات الفطر خارج العائل ، ولكن تبقى داخله . وتنسلخ قطع العائل التالفة خلال تحللها ؛ مما يعمل على انطلاق الكونيديات وتحررها ؛ وبذلك تصيب عوائل حشرية أخرى .



شكل (٩ - ٣٨) : الفطر *Entomophthora muscae* :

i - حشرة ذباب ميتة تظهر عليها الحوامل الكونيدية للفطر بين حلقات البطن.

ii - الهيفات الفطرية ، يظهر منها الحوامل الكونيدية غير المتفرعة للفطر .

iii - كونيدة متحررة .

٣ – تحت قسم الفطريات الأسكية Sub Division Ascomycotina :

تتميز هذه الفطريات بتكوين جراثيمها الجنسية داخل أكياس asci ، يحتوى كل كيس على عدد محدود من الجراثيم الأسكية ascospores والتى تتكـــون نتيجـــة للاقـــتران النووى والانقسام الاختزالى . وعادة ما تتكون ثمانى جراثيم داخل كل كيـــس ، إلا أن هـــذا العدد يختلف مـــن جنس إلى أخر ؛ فقد يكون جرثومة واحـــدة داخـــل الكيـــس الأسكى ، وقد يصل إلى ألف جرثومة .

والهيفات الفطرية مقسمـــة ، تحتـــوى جـــدرها على نسبة كبـــيرة مـــن الكيتيـــن ، وتتفرع الهيفات الفطرية بغزارة . ويبـــدأ تكوين الحاجـــز عنـــد حـــافة الهيفا ، ويتقدم نحو المركز ، تاركا ثقبا دقيقا فى الوسط يسمح للحـــزم البروتوبلازمية بالانتقـــال مـــن خلية إلى أخـــرى مجاورة ، فيكون بذلك اتصالا عضويا بين جميـــع أجـــزاء الغـــزل الفطرى .

ويتم التكاثر اللاجنسى فى هذه الفطريـــات بالانشقاق ، أو بالتبرعم ، أو بـــالتفتت ، أو بواسطة الجراثيم المفصلية أو الكلاميديـــة أو الكونيدية ، بينما يتم التكاثر الجنســـى بين جاميطـــة مذكـــرة (أنـــثريدة antheridium) وجاميطـــة مؤنثـــة (أســـكوجونيم ascogonium) تكون مزودة – عادة – بشعيرة أنثويـــة trichogyne تســـتقبل النـــواة الذكرية .

ويمكن الإشارة إلى أهم الفطريات الأسكية Class : Ascomycotina التـــى لـــها علاقة وطيدة بالحشرات تبعا للتقسيم التالى :-

أ – تحت طائفة فطريات الخمائر Sub class : Hemiascomycetidae

وأهم الرتب التابعة لهذه التحت طائفة ؛ هى رتبة Endomycetales التى تضم عائلة Saccharomycetaceae . ويتبع هذه العائلة بعـــض فطريـــات الخمـــيرة الممرضـــة للحشرات ؛ مثال ذلك الجنس *Monosporiella* الذى يتطفل على يرقات رتبة الحشرات ذات الجناحين Diptera ؛ حيث تتلون اليرقات المصابة بـــاللون الأبيـــض وتمـــوت . وسرعان ما يتحلل جسم اليرقات الميتة نتيجة استهلاك الفطر للأنسجة الدهنيـــة ؛ ممـــا يعمل على تحرر خلايا الخميرة ؛ فتصيب يرقات أخرى .

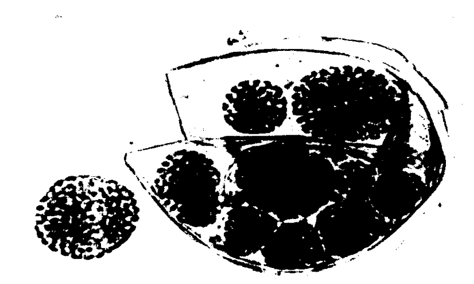
ويتبع هذه العائلة الجنـــس *Mycoderma* ، والجنـــس *Saccharomyces* ؛ حيـث تصيب بعض الأنواع التابعة لها شغالات نحل العسل . وتظـهر الشغـالات المصابـة بيضاء اللون ، وتصاب بالإسهال نتيجة فعل توكسينات الفطر السامة . وعنـد فحـص الحشرات المصابة تشاهد خلايا الفطر المتبرعمة في دم الحشرة ، وسرعان ما تنقسـم خلايا الفطر بالتبرعم وتنتقل إلى جميع أجزاء جسمها .

ب – تحت طـائفـة الفطـريات الأسكية ذات الأجـسام الثمـرية الـكرويـه

Sub class : Plectomycetidae

تتميز هذه الفطريات بأنها تكون أجساما ثمرية مغلقة ، تحتوى بداخلها على أكيـاس أسكية كروية عادة ، أو قد تأخذ الشكل الصولجانى . ولا يوجد ترتيـب محـدد لـهذه الأكياس ، بل إنها تتبعثر بدون نظام داخل الجسم الثمرى . وتنطلق الجراثيم الأسـكية عندما تتحلل الأكياس الأسكية داخل تجويف الجسم الثمرى .

ومن أهم الفطريات التابعة لتحت الطائفة الفطر *Ascosphaera apis* الـذى يتبـع عائلة Ascosphaeraceae رتبة Ascosphaerales . ويسبب هذا الفطر مرض عفـن الحضنة الطباشيرى فى نحل العسل. ويحتوى الكيس الأسكى فى هذا الفطر على ثمانى جراثيم أسكية عادة ؛ حيث تتحد هذه الأكياس الأسكية فى مجموعات محدودة أو عديدة؛ مكونة كرات جرثومية spore balls تتكـون داخـل تركيـب يشبـه الحافظـة الجرثوميـة (شكل ٩ – ٣٩) يسمى " الكيس الجرثومى sporocyst " .



شكل (٩ – ٣٩) : الكيس الجرثومى فى الفطر *Ascosphaera apis* يحتـوى علـى الكـرات الجرثومية spore balls .

جـ – تحت طائفة الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية القارورية
Sub class Pyrenomycetes

تتميز هذه الفطريات بتكوين جراثيم أسكية داخل أكياس أسكية وحيدة الغلاف ذات شكل أسطواني أو صولجاني . وتتكون هذه الأكياس الأسكية داخل ثمار قارورية الشكل ؛ مزودة بثقب مستدير تقذف منه الجراثيم عند نضجها .

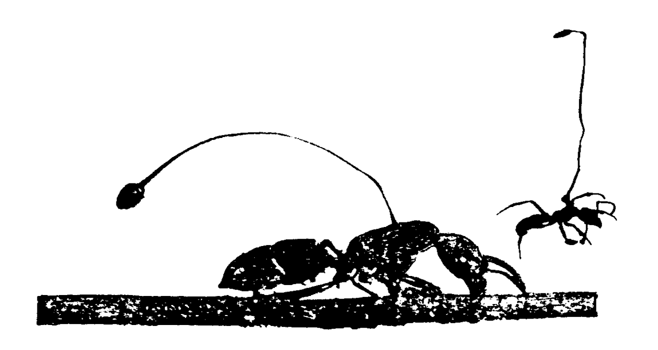
وقد تنغمد هذه الأجسام الثمرية القارورية داخل حشيات ثمرية stroma . ومن الرتب الهامة التى تتميز بعض أفرادها بعلاقات وطيدة بالحشرات رتبة الهيبوكريالات Hypocreales . وتتميز هذه الرتبة بتكوين أجسام ثمرية أسكية قارورية ، ذات جدار ن أو شمعى ، مطمورة داخل حشيات ثمرية زاهية اللون . وقد تحمل الثمار لأسكية على سطح الحشيات الثمرية ، أو تكون مطمورة داخل أنسجة الحشية .

ومن أهم الأجناس الفطرية الممرضة للحشرات الجنس *Cordyceps* ؛ الذى يتبع العائلة Clavicipitaceae . ويضم هذا الجنس حوالى ١٥٠ نوعا معروفا ، معظمها يتطفل على الحشرات ، بينما هناك أنواع أخرى تتطفل على العناكب ، وخاصة فى المناطق الاستوائية ؛ حيث تتحول أجسام العناكب المصابة إلى كتل هيفية .

ومن الفطريات الممرضة التابعة لهذا الجنس الفطر *C. militaris* الذى يصيب يرقات الحشرات الحرشفية الأجنحة Lepidoptera وبعض يرقات الحشرات الغشائية الأجنحة Hymenoptera ؛ حيث يطلق على هذا الفطر اسم فطر اليرقات caterpillar fungus (شكل ٩ – ٤٢) .

ويكون هذا الفطر حشيات ثمرية stroma ذات شكل صولجانى ، برتقالية اللون ، تظهر فوق سطح التربة خلال فصل الخريف من اليرقات والعذارى المصابة المدفونة فى التربة . وتحمل الحشية الثمرية عديدا من الأجسام الثمرية الأسكية الدورقية .

وتحتوى هذه الأجسام الثمرية على أكياس أسكية ، تنفتح من أعلى بواسطة فتحة طرفية تتحرر منها الجراثيم الأسكية . ويحتوى كل كيس أسكى على ثمانى جراثيم أسكية طويلة ورفيعة . وتتجزأ هذه الجراثيم الأسكية – بعد تحررها – إلى عديد من الجزيئات القصيرة segments (شكل ٩ – ٤٢) .



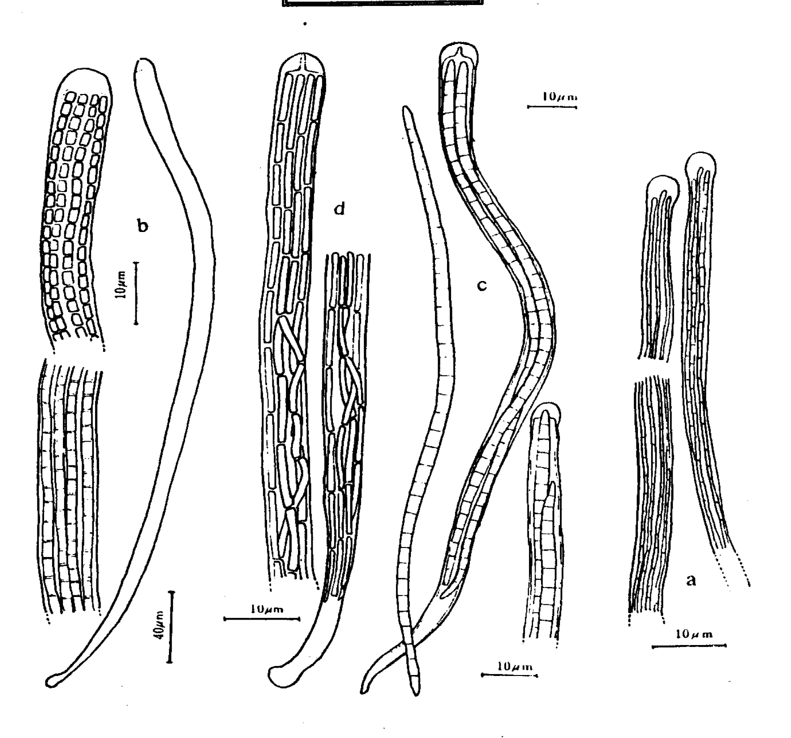
شكل (٩ – ٤٠) : حشرات نمل (*Paltothyreus tarsatus*) مصابة بـــالفطر *Cordyceps australis* .

وعندما تسقط جرثومة أسكية على غلاف عذراء قابلة للإصابة ، فـــإن الجرثومـــة تنبت مكونة أنبوب إنبات ؛ يخترق جدار العذراء معتمدا على قدرته فى تحليل الشيتين . وبعد نجاح العدوى ، يكون الفطر هيفات أسطوانية الشكل تنمو فى التجويـــف الدمـــوى للعذراء المصابة . وتزداد هذه الأجسام الخيطية الفطرية (الهيفيـــة) hyphal bodies عن طريق التبرعم ، ثم تتوزع هذه الخلايا البرعمية فى جميع أنحاء الجسم .

وتسبب هذه العدوى موت العذراء ، ثم ينمو ميسليوم الفطر الممرض داخل جسمها، وبعد ذلك يتحول إلى جسم حجرى . وعند إنبات الجسم الحجرى تتكون منه حشيـــات ثمرية ملونة تحتوى على الأجسام الثمرية الأسكية الدورقية perithecial stroma .

وقد يكون الفطر طوره الكونيدى *Paecilomyces* فى المزارع النقية (شكـــل ٩ – ٤٢ – c) . كما أمكن الحصول على الأجسام الثمرية الأسكية فى المعمل بتنمية الفطر على بيئة حبوب الأرز المضاف إليها مصدر نتروجينى عبارة عـــن هيموجلوبيـــن أو كازين .

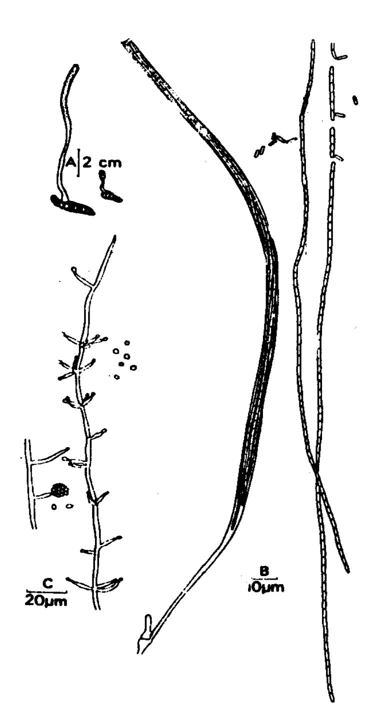
وفى دراسة أخرى ، وجد أن يرقات الحشرات حرشفية الأجنحـــة قابلـــة للعـــدوى بالفطر *C. militaris* . وتحدث العدوى عن طريق الجراثيم الأسكية الخيطية .



شكل (٩ - ٤١) : الأكياس الأسكية والجراثيم الأسكية المتجزئة إلى قطع صغيرة لبعض الأنـــواع التابعة للجنس *Cordyceps* .

a - *C. ophioglossoides* b - *C. sobolifera*
c - *C. sinensis* d - *C. militaris*

وتتجزأ هذه الجراثيم إلى حـــوالى ٨٢ جزءا صغيرا (عقلة) ، يلتصق كل جـــزء بجليد اليرقات ، ثم ينبت مكونا أنبـــوب إنبات يخترق جليد اليرقـــة محلـــلا الشيتيـــن . وينمو أنبوب الإنبات مكونا هيفات مقسمة داخـــل التجويف الدموى ، تنقسم بـــالتبرعم حتى تملأ فراغ الجسم محللة الأجسام الدهنية ؛ مما يؤدى إلى موت اليرقة خلال خمسة أيام .



شكل (٩ - ٤٢) : الفطر *Cordyceps militaris* .
a - حشيتان ثمريتان ملتصقتان بعذارء مصابة بالفطر الممرض.
b - كيس أسكى وجراثيم أسكية . الجرثومة الأسكية (إلى اليمين تحتوى على ٨٢ عقلة ، لاحظ قمة الكيس الأسكى المفتوحة .
c - حوامل كونيدية وكونيديات الطور الكونيدى *Paecilomyces* .

وبعد موت اليرقات ، تنمو الهيفات الفطرية وتملأ فراغ الجسم . وتتكون الحشيات الثمرية والأجسام الثمرية الأسكية فى خلال ٤٥ - ٦٠ يوما من العدوى . وعادة ما تشاهد هذه الحشيات الثمرية الأسكية الصولجانية الشكل ذات اللون البرتقالى ظاهرة فوق سطح التربة ، خارجة من اليرقات الميتة المدفونة فيها .

وتعتبر بعض الفطـريات الممرضة ليـرقـات الحشـرات والتابعـة لهذا الجنس (*Cordyceps*) ذات قيمة طبية عالية ، ومازالت تستخدم حتى الان فى علاج كثـير من الأمراض وتخفيف الالام فيما يسمى بـ " الطب الشعبى " فى دول شـرق اسـيا ، وخاصة الصين؛ حيث يطلق على هذا الفطر اسم " فطر اليرقة Caterpillar fungus ".

ويعتبر Du Halde (1736) أول من نشر بحثا عن الجنس *Cordyceps* ؛ حيـث اعتقد أن هذا الفطر يسلك سلوكا غريبا فى مظهره ؛ فيكون يرقة خلال الشتـاء ، ثـم يتحول إلى نبات فى الصيف (Wenter worm / Summer plant) ، وعلى الرغم من هذه الخرافة ، إلا أن هذا الباحث أشاد بالقيمة الطبية العالية لهذا الفطر .

ولقد نصح الباحث السابق باستعمال الفطر *Cordyceps* sp. الذى يصيب اليرقات ، والذى يطلق عليه اسم " فطر اليرقة الصينى the chinese caterpillar fungus " فـى الطهى . وتضاف – عادة – كمية صغيرة من هذا الفطر عند طهى الطيـور ، (مثـل البط) كفاتح للشهية . وكان هذا الفطر من المواد الغذائية الهامة التى تجلب للإمبراطور الصينى ، ولا يتم تقديمها إلا فى البلاط الإمبراطورى لخاصة القوم ، وكـان سـعرها يقدر بأربعة أمثال وزنها من الفضة .

ولقد وصلت أول عينة من هذا الفطـر إلـى إنجلـترا عـن طريـق البـاحث Westwood (1842) ؛ الذى شارك بها فى جميعة الحشرات الملكية ، وبعده استطاع Berkeley (1843) تعـريف الفطر تحـت اسـم *Sphaeria sinensis* ثـم عـدل Saccardo (1878) الاسم إلى *Cordyceps sinensis* (Berk) Sacc .

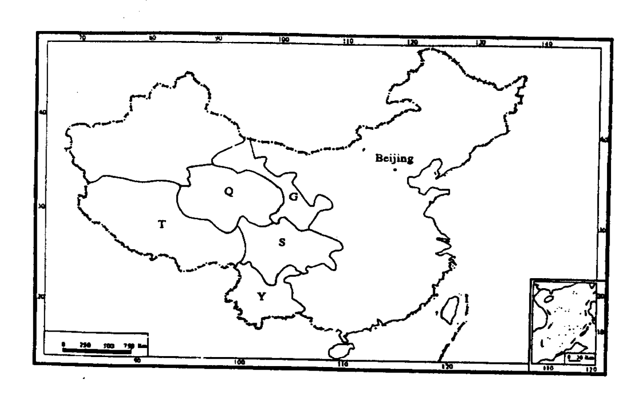
واستخدم هذا الفطر فى الصين منذ حوالى ألفى سنة ؛ حيث يتم جمعه من المنـاطق الجبلية فى التبت ، ويصيب الفطر يرقات الحشرات ، وخاصـة الحشـرات الهدبيـة الأجنحة .

ويكون الفطر جراثيم أسكية خيطية الشكل ، تتحرر من أكياسها الأسكية خلال شهور الصيف ؛ حيث تتجزأ بعد تحررها إلى جزيئات صغيرة . ويعمل كل جـزء كوحـدة عدوى ، تلتصق على سطح العائل المناسب ، ثم تنبت ، ويخترق أنبوب الإنبات الجليد ويهاجم الجهاز الوعائى . وعندما تتجه اليرقة المصابة إلى تحت سطح الأرض ، فـإن الفطر يتكاثـر داخـلها بالتبرعم ، مكونا خلايا تشبه الخميرة ، ثم تموت اليرقـة بعـد ذلك .

وبعد موت اليرقة ينمو الميسليوم الفطرى عليها ، وتتحول اليرقة إلى جسم حجرى ، حيث تتحلل الأنسجة الداخلية لها ، بينما يبقى هيكلها الخارجى دون تحلل . وفى فصل الصيف ، تظهر الحشيات الثمرية الأسكية ascostroma ذات الألوان الزاهية فوق سطح التربة من اليرقات الميتة والمدفونة تحت سطح الأرض ، وخاصة فى التربة الخفيفة والمناطق تحت الأشجار .

ويجمع الأهالى هذه الحشيات الثمرية ومعها اليرقات الميتة داخل الأجسام الحجرية ؛ حيث تجفف وتطحن ، وتستعمل فى عديد من النواحى الغذائية والعلاجية . وتشتهر بعض محافظات الصين بهذا الفطر اليرقى ؛ مثل محافظة Sichuan (شكل ٩ - ٤٣)، وخاصة فى المناطق الجبلية ألتى يصل ارتفاعها إلى حوالى ثلاثة الاف متر فوق سطح البحر ، والتى تغطيها طبقة رقيقة من الجليد خلال فصل الشتاء .

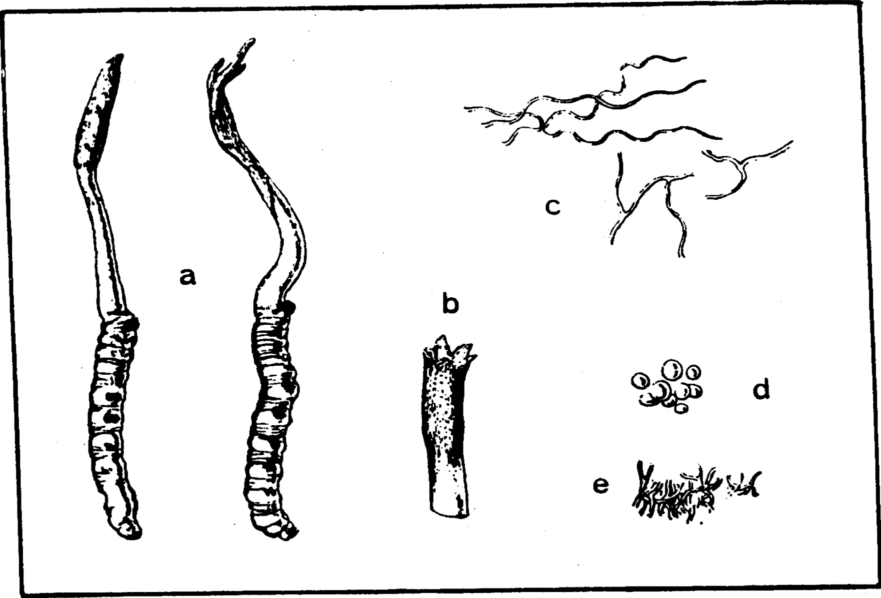
وفى بعض المناطق المرتفعة الأخرى - التى يظل الجليد يكسوها فى شهور الصيف- يمكن أن تشاهد هذه الحشيات الثمرية الأسكية ذات الألوان الزاهية خارجة من طبقة الجليد الرقيقة التى تغطى التربة .



شكل (٩ - ٤٣) : توزيع فطر اليرقة الصينى the chinese caterpillar fungus (*Cordyceps sinensis*) فى محافظات الصين .

(عن **Peger et al, 1994**) .

G = Gansu　Q = Qinghai.　S = Sichuan.
T = Tibt　Y = Yunnan



شكل (٩ – ٤٤) : فطر اليرقة الصينى *Cordyceps sinensis* .

a – جسم ثمرى أسكى .
b – ساق الجسم الثمرى الأسكى .
c – هيفات فطرية من قاعدة الساق .
d – خلايا برعمية للفطر خارجة من جسم اليرقة المصابة .
e – هيفات فطرية من اليرقة المصابة فى مراحلها الأولى .

ويعتقد أن المسحوق الجاف للحشيات الثمرية للفطر – واليرقة نفسها – ذو تأثير جيد على صحة الإنسان كمقو عام ، ولإعادة الصحة والعافية ، وخاصة خـلال فـترات النقاهة ، بالإضافة الى استخدامه فى عديد من الأغراض الطبية الأخرى .

ولقد ذكر Pegler et al. (1994) استخدام فطر اليرقة الصينى فى عـلاج السـل والكحة والأنيميا ، وألام الظهر والركبتين . ومن أسهل الطـرق الشائعـة لاسـتخدامه غليان الفطر فى الماء وشربه ، كما هى الحال عند تجهيز الشاى ، وقد ينقع الفطر فـى بعض المشروبات الكحولية ويشرب .

ومن الأغذية الشعبية المألوفة – فى دول شرق اسيا – طهى هذا الفطر مع الدواجن (كالبط ، والدجاج) . ويعتقد أن هذه الوجبة مفيدة للناقهين وكبار السن . وحديثا يخلط مسحوق الفطر واليرقة مع بعض الأعشاب ، أو مع بعض المواد المقوية ، مثل غذاء الملكات Royal Jelly ، ونبات الجنسج Ginseng ؛ حيث يتضاعف التأثير المفيد بصحة الإنسان .

وهناك عديد من المنتجات المعروضة فى الأسواق ، تحتوى على هذا الفطر اليرقى تباع تحت أسماء تجارية مختلفة ؛ مثال ذلك :

Tonic Spirit of unborn King .
Winter Worm / Summer plant Spirit .
Herb Tea of Eastern God .
Treasure of Golden Water .
Essence of Caterpillar Fungus .
Royal Jelly From Sichuan .

ومن المواد الفعالة التى وجدت فى هذا الفطر ، مادة الكورديسيبين Cordycepin . وتتشابه فاعلية هذه المادة مع المضادات الحيوية ؛ حيث إنها تؤثر على الحمض النووى DNA ، وعلى انقسام خلايا البكتيريا ، ولكن مازال دورها الحيوى وطبيعة المواد الفعالة يسودهما الغموض ويحتاجان إلى مزيد من الدراسة (Pegler et al, 1994) .

ويلاحظ أن الحشيات الثمرية للفطر واليرقات المصابة به يتم تجفيفهما معا ، وقد تدخل فى هذه المكونات مواد أخرى أو ميكروبات مختلفة أصابت اليرقات المريضة بالفطر *Cordyceps* ؛ مما يتيح فرصة كبيرة لظهور مركبات حيوية فعالة من مختلف المصادر . وهذا قد يفسر فعالية مجفف الفطر واليرقة لعلاج عديد من الأمراض ، وتسكين مختلف الآلام .

ويندرج تحت جنس *Cordyceps* مجموعة من الأنواع الهامة التى تصيب يرقات عديد من الحشرات ، وتنتشر فى الصين ، حيث تستعمل فى الغذاء ، وكعلاج شعبى ناجح . **ومن أمثلة هذه الأنواع ما يلى :**

* – الفطر Cordyceps hawkesii :

يصيب هذا الفطر يرقات الحشرات حرشفية الأجنحة ، وخاصة تحت أوراق الأشجار المتساقطة على الأرض ، وأيضا الموجودة فى الخشب فى محافظتى Guangxi و Hunan وغيرهما فى الصين (شكل ٩ – ٤٣) .

وتظهر على مقدمة اليرقة – بالقرب من الرأس – حشية ثمرية وحيدة ترتفع على ساق طويلة يتراوح طولها بين ٤,٥ و ٨ سنتيمترات . والساق مرنة سوداء اللون ؛ قطرها حوالى ٠,٢ سنتيمترا ذات خطوط طولية . الجزء العلوى من الساق املس ، فى حين أن الجزء الأسفل مكسو بطبقة غبارية (شكل ٩ – ٤٧ – أ) .

وتحمل الساق رأسا قصيرة أسطوانية ذات قمة مستديرة ، طولها يتراوح بين سنتيمتر واحد وسنتيمترين اثنين ، وقطرها بين ٠,٣ و ٠,٣٥ سنتيمترا ، وهى ذات لون بنى داكن . وهذه الرأس عبارة عن الحشية الثمرية stromata ؛ حيث ينغمد فيها أجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia ، ذات شكل كروى إلى بيضاوى . ويبلغ أبعاد الجسم الثمرى ٦٠٠ – ٧٠٠ x ٢٣٠ – ٢٦٠ ميكرونا ، لونها أسود عند فتحتها .

وتظهر فتحات الأجسام الثمرية على الحشية الثمرية على هيئة نقط دقيقة .وتحتوى الأجسام الثمرية على أكياس أسكية طولها ٤٠٠ – ٥٠٠ ميكرون ، وقطرها حوالى خمسة ميكرونات . والجراثيم الأسكية أبعادها ٨ – ٩ x ٠,٥ – ١ ميكرون ، تتجزأ إلى قطع صغيرة عند نضجها .

ولهذه الحشيات الثمرية قيمة طبية عظيمة ؛ حيث يستعملها الأهالى بكثرة فى أقليم هونان Hunan فى الصين خلال وجباتهم الغذائية . ومن الأطباق المشهورة طهى البط أو لحم الخنزير مع هذا الفطر ؛ مما يعطى الوجبة قيمة غذائية عالية .

ولقد أجرى Prof. Peng Yin-bin بمعهد هونان لمراقبة الأدوية The Hunan Institute for Drug Control بعضالاختبارات الأولية لمكونات هذا الفطر الكيميائية، وأيضا اختبار امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet absorption test لفطر اليرقات الصينى Chinese caterpillar fungus وفطر *Cordyceps hawkesii* Gray . ولقد أوضحت النتائج أن كلا منهما يحتوى على نفس المركبات ، ومازالت الأبحاث مستمرة فى هذا المجال .

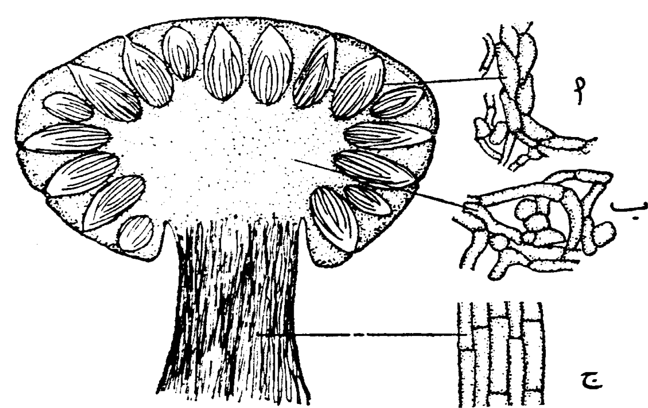
✲ – الفطر Cordyceps sinensis (Berk) :

يصيب هذا الفطر يرقات الحشرات حرشفية الأجنحة Lepidoptera – وخاصة فى الجبال التى يزيد ارتفاعها على أربعة الاف متر – حيث تتناثر هذه اليرقات الميتة تحت طبقة الثلوج فى المناطق العشبية . وتوجد هذه اليرقات فى محافظات Shanxi و Zhejian و Hubei و Gansu و Qinghai و Sichuan و Guizhou و Yunnan فى الصين (شكل ٩ – ٤٣) .

وتظهر الحشية الثمرية لهذا الفطر فردية . ونادرا ما تتكون حشيتان أو ثلاث حشيات . تخرج هذه الحشيات الثمرية من مقدمة اليرقة بالقرب من الرأس ؛ حيث تحمل الحشية على ساق طويلة يتراوح طولها بين ٤ سنتيمترات و ١١ سنتيمترا ، وهى ذات شكل أسطوانى إلى صولجانى . سمك القاعدة ٠,١٥ – ٠,٤ سنتيمترا ، ويستدق كلما ارتفعت لأعلى . الرأس (الحشية الثمرية) تحت أسطوانية ، لونها بنى ، مجوفة ، تتراوح طولها بين سنتيمتر واحد و ٤,٥ سنتيمترا ، يتراوح السمك من ٠,٢٥ و ٠,٦ سنتيمترا . القمة عقيمة ، يتراوح طولها بين ٠,١٥ – ٠,٥٥ سنتيمترا (شكل – ٤٧ – ب) .

الأجسام الثمرية الدورقية تحت كروية ، مطمورة جزئيا فى الحشية الثمرية ، أبعادها ٣٥٠ – ٥٥٠ x ١٢٠ – ٢٤٠ ميكرونا . الأكياس الأسكية أسطوانية الشكل ، طولها ٢٤٠ – ٤٨٥ ميكرونا ، وقطرها ١٢ – ١٦ ميكرونا . والجراثيم الأسكية طويلة ، مقسمة بعديد من الجدر ، لا تتجزأ إلى جزئيات صغيرة . أبعاد الجراثيم الأسكية ١٦٠ – ٤٧٠ ميكرونا ، بينما قطرها ٥ – ٦,٥ ميكرونات (شكل ٩ – ٤١ – C) .

ولقد استعمل هذا الفطر فى عديد من الأغراض الطبية ؛ حيث ذكر الباحث الصينى Prof. Wu Zun-cheng – فى كتابة Materia Medica in New Look – عديدا من الوصفات الطبية لعلاج بعض الأمراض وتخفيف الالام . وفى المرجع الصينى القيم " Verification of Medicinal Property " وصف طعم هذا الفطر بأنه حلو المذاق ، يعمل على توفير الطاقة للحياة ، وهو يفتح بوابة الحيوية (Builds up particularly the gate of vitality) .

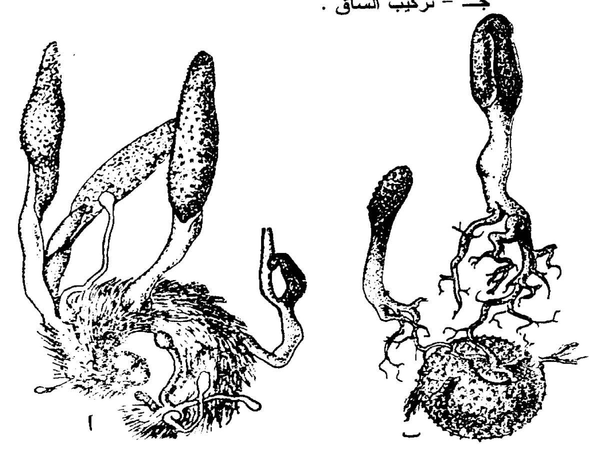


شكل (٩ – ٤٥) : قطاع فى حشية ثمرية أسكية يوضح بها الأجسام الثمرية الدورقية المطمـــورة فيها .

أ – تركيب جدار الثمرة القارورية .

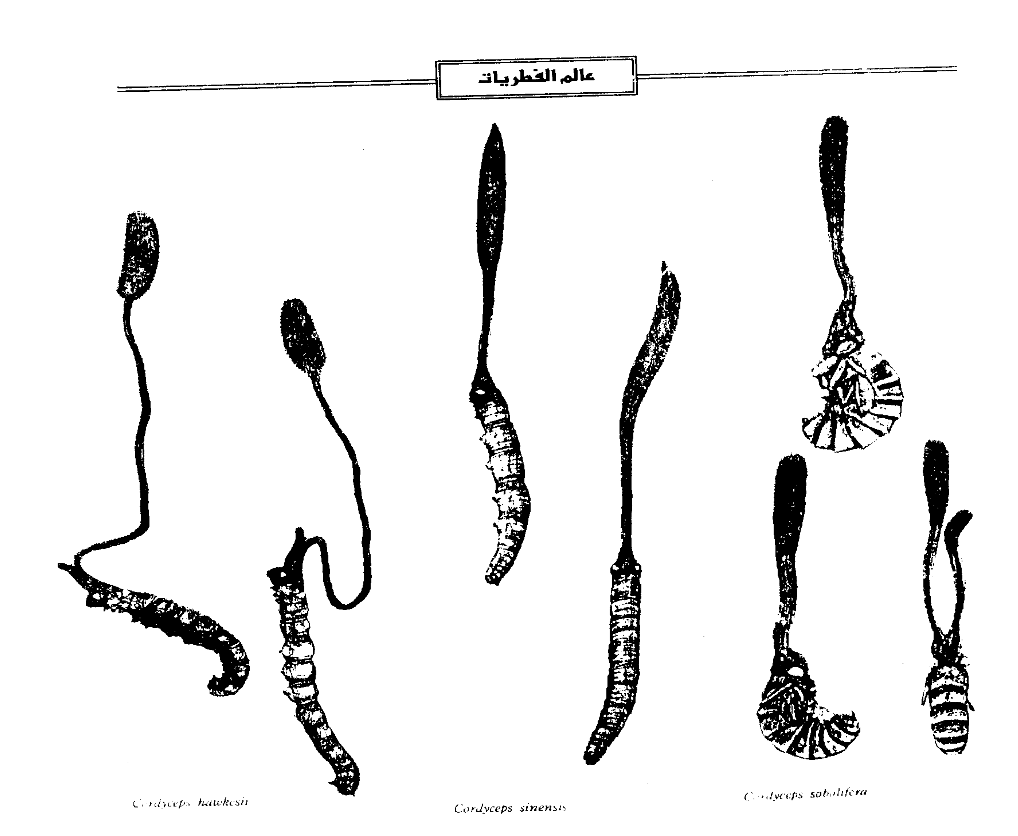
ب – تركيب رأس الحشية الثمرية .

جـ – تركيب الساق .



شكل (٩ – ٤٦) : أ – الفطر *Cordyceps militaris* .

ب – الفطر *Cordyceps ophioglossoides* .



شكل (٩ - ٤٧) : أ - يرقات بعض الحشرات حرشفية الأجنحة مصابة بـــالفطر *Cordyceps hawkesii* .
ب - يرقات بعض الحشرات حرشفية الأجنحة مصابة بالفطر *C. sinensis*
جـ - عذارى السيكادا مصابة بـــالفطر *C. sobolifera* . لاحــظ خـــروج الحشيات الثمرية الأسكية من منطقة الرأس .

وتبعا لأبحاث Prof. Wu Zun-cheng فإن الفطر *C. sinensis* يحتفـــظ بحيويـــة الرئتين ، ويزيد من فاعلية الكليتين ، ويؤدى إلى بناء النخاع داخل العظـــام . ويســـاعد هذا الفطر على وقف النزيف الدموى hemorrhage ، ويقلل البلغم phlegum ، ويوقف السعال المستمر ، ويهدىء من الالام الناتجة من الحجاب الحاجز .

وفى أحد المراجع العلمية (Petty Knowledge of Mandarin Orange Garden) يقول مؤلفه الصينى Prof. Zhu Pai-Shan : " إن مستخلص قطع صغيرة من الفطر السابق (*C. sinensis*) فى قليل من النبيذ يعمل على تسكين الام الجذع والركبتين ، ويزيد من فاعلية الكليتين . وعادة ما يستعمل الأهالى – فى الصين – هذا الفطر عند طهى الطيور ، وخاصة البط ، مما يزيد من القيمة الغذائية للطعام ، وخاصة لكبار السن . ويمكن أن يضاف حوالى ٥٠ جراما من نبات الجنسنج ginseng لزيادة الفائدة.

ولقد قامت مجموعة بحثية تحت إشراف Prof Tang Teng-han بدراسة التركيب الكيمائى لهذا الفطر ؛ حيث وجد أنه يحتوى على ١٠,٨٤٪ ماء ، ٨,٤٪ دهونا ، ٢٥,٣٢٪ بروتينا خاما ، ١٨,٣٥٪ أليافا خام ، ٢٨,٩ كربوهيدرات ، بالإضافة إلى ٤,١٪ رمادا .

ولقد تم الحصول على المادة النقية الفعالة من الفطر على صورة بللورات بيضاء اللون ، ابرية الشكل . وعند قياس نقطة انصهارها كانت تتراوح بين ١٤٧ م – ١٤٨ م، بينما كانت نقطة الانصهار للمشتق الخلى acetal drivative عند ١١٤ م .

وعند التحليل المائى للبروتين ، وجد أنه يحتوى على عديد من الأحماض الأمينية هى الفالين valine ، وهيدروكسى فالين hydroxyvaline ، وأرجينين arginine ، وألانين alanine ، وحمض الجلوتاميك glutamic acid ، وفينيل ألانين phenylalanine، وبرولين proline ، وهستديدين histidine ، بينما تمثل الأحماض الدهنية المشبعة ١٣٪ (مقدرة كحمض إستاريك stearic acid) ، والأحماض الدهنية غير المشبعة ٨٢,٢٪ ، عبارة عن ٣١,٦٩٪ حمض أوليك oleic acid و ٦٨,٣١٪ حمض لينوليك linoleic acid .

وفى دراسة أخرى قامت بها مجموعة بحثية تحت إشراف Prof. R. Chatteriee بتحليل الفطر *C. sinensis* الذى ينتشر فى الصين ، فوجد أنه يحتوى على حوالى ٧٪ حمض كورديسيبك cordycepic acid ، بالإضافة إلى الحمض العضوى 1,3,4,5 tetra hydroxyclohexanoic acid . وعند اختبار ذلك الحمض العضوى وجد أنه مشابه isomer للحمض quinic acid .

واستخلص Prof. Zheng Zao-jie مادة مسحوقية صفراء اللون من الفطر السابق ذات نقطة انصهار ٩٦ م ، ويبدو أنها حمض عضوى ثابت حراريا heat-stable

organic acid . كما وجد أن الملح الصوديومى لهذا الحامض يذوب بسهولة فى الماء. وعند حقنه فى أرانب التجارب – عن طريق الوريد – لم يتسبب ذلك فى ظهور أى تأثير سام عليها ، بينما عند اختبار هذا المركب فى المعمل على نمو بعض البكتيريا ، وجد أن له تأثيرا مثبطا على بعض البكتيريا مثل : *Bacillus mallei* ، و *Streptococcus* sp. ، و *Pasteurella suiseptica* ، و *Staphylococcus* sp. ، و *Bacillus anthracis* .

ولقد ذكر المرجع العلمى (Modern Practical Chinese Medicines) فاعلية هذا الفطر فى تهدئة حالات السعال الحاد والربو الناتج من ضعف الجسم نتيجة الشيخوخة ، وأيضا كعقار مهدىء للأعصاب . ولقد وجد أيضا أن هذا الفطر يحتوى على مواد فعالة تجعل أنسجة الجسم تتقبض ؛ مما يؤدى إلى تقليل النزيف الدموى .

وحاليا يستعمل هذا الفطر كمادة منشطة ، وكعقار مهدىء للأعصاب ، كما يستعمل بصفة عامة فى تسكين الآلام ولحالات الضعف العام . ويفيد هذا الفطر فى إيقاف بصق الدم الناتج عن الإصابة بالسل ، ومعالجة السعال الحاد الناتج عن ضعف الشيخوخة ، ولتجنب العرق الغزير أثناء النوم و الأنيميا وأيضا الأورام الخبيثة .

✻ – الفطر *Cordyceps sobolifera* (Hill) B.. et Br. :

يصيب هذا الفطر عذارى السيكادا Cicada pupa ؛ حيث تتكون عليها حشيات ثمرية فردية ، وقد يصل عددها إلى ثلاث حشيات تخرج من الجزء الأمامى للعذراء بالقرب من منطقة الرأس . ويوجد هذا الفطر فى محافظات Jiangsu و Zhejiang و Fujian و Sichuan و Yunnan وغيرها فى الصين (شكل ٩ – ٤٣) .

الجسم الثمرى ذو شكل صولجانى ، طوله يتراوح بين ٢,٥ و ٦ سنتيمترات ، مجوف ، لونه بنى يشبه لون القرفة ، وعند جفافه يصبح لونه بنيا مصفرا . سمك الجسم الثمرى ٠,١٥ – ٠,٤ سنتيمترا . الرأس (الحشية الثمرية) صولجانية بلون القرفة ، تصبح بنية عند جفافها ، يتراوح طولها بين ٠,٧ و ٢,٨ سنتيمترات ، وسمكها يتراوح بين ٠,٢ و ٠,٧ سنتيمترا (شكل ٩ – ٤٧ – جـ) .

الأجسام الثمرية دورقية ، ذات فتحة ضيقة مطمورة فى الحشية الثمرية ، أبعاد الجسم الثمرى ٥٠٠–٦٠٠ x ٢٢٠–٢٦٠ ميكرونا . الأكياس الأسكية أسطوانية الشكل،

طولها ٢٠٠ – ٧٤٠ ، ميكرونا وقطرها ٥,٦ – ٧ ميكرونات ، تحتوى على ٨ جراثيم أسكية خيطية الشكل ، مقسمة بعديد من الجدر ، شفافة . وتميل هذه الجراثيم الأسكية إلى التجزؤ لعديد من الأجزاء الصغيرة ، أبعادها ٨ –١٦ × ١ – ١,٥ ميكرونا (شكل ٩ – ٤١ – b) .

ولقد ذكر المرجع الطبى الصينى (Compendium of Materia Medica) ان هذا الفطر يعالج الملاريا . وفى أحد المراجع الطبية الصينية الأخرى (Materia Media of Differend Kind of Diseases) ذكر أن هذا الفطر يعالج الارتعاش التشنجى clonic convulsions ، والبكاء الليلى وسرعة خفقان القلب عند الأطفال night cries and palpitations .

ويعتبر هذا الفطر دواء فعالا لتطهير العين precious eye clearing drug ؛ حيث إن له فعالية فى تبريد العين وتنظيفها . ولهذا الفطر تأثير مانع للحمى antipyretic ، ومضاد للتسمم detoxicating agent ، ومهدئ لخفقان القلب . كما وجد أن هذا الفطر يزيل السحابة من على قرنية العين removing nebulas ، ويعمل على شفاء الطفح الجلدى skin eruption .

وعند إنماء الفطر فى بيئة سائلة ، أو عند نموه تحت ظروف التخمير ، فإنه يكون كحول المانيتول mannitol ، بالإضافة إلى مركبات أخرى تجعله مفيدا طبيا ؛ حيث يباع هذا الفطر كأحد الأعشاب الطبية المفيدة فى دول شمال اسيا .

وهناك عدة وصفات لعلاج بعض الأمراض باستخدام هذا الفطر ، نذكر منها ما يلى :

١ – لعلاج حالات البكاء الليلى المرضى أو التشنجى convulsions and morbid night cries ، والام التسنين عند الأطفال ، والكحة ، وتضخم الحنجرة عند الأطفال ، يتم تصنيع مسحوق علاجى يتكون من :

٣ جرامات من فطر *Cordyceps sobolifera* .

٣ جرامات من ديدان الحرير المصابة بمرض المسكاردين muscardine **منقوعة فى النبيذ .**

٣ جرامات من جذور نبات العرق سوس Licorice .

٠,١٥ جرام من *Corydalis ambigua* .

ويتم خلط المكونات السابقة ، ثم تطحن ، ويستعمل المسحوق الناعم في علاج الأطفال ؛ فيأخذ الطفل الصغير عمر سنة واحدة ٠,٣ جراما ، والطفل الذى عمره ٤ – ٥ سنوات ١,٥ جراما فى كل جرعة مرتين يوميا .

٢ – لعلاج سحابة قرنية العين nebulas والأورام والام الجسم ، يجهز مخلوط من المواد التالية :

الفطر *Cordyceps sobolifera* ، و *Volopterygium franchelii* ، وأزهار نبات الكريزانثمم بدون أعناق ، وأزهار نبات الخلنج Eriocaulon ، بالإضافة إلى عديد من الأعشاب الأخرى ؛ حيث يتم صحنها ، وتستعمل كمسحوق فى العلاج . وعادة ما تضاف ٦ جرامات مع الشاى أو الماء المغلى يوميًا .

٣ – لعلاج حك الجلد itchy فى كل أجزاء الجسم ، يستخدم الفطر *Cordyceps sobolifera* المجفف مع *Lycium chinense* بنسبٍ متساويةٍ ، ويطحن للحصول على مسحوق . يستعمل ملء ملعقة شاى فى كل مرةٍ مع الماء .

٤ – لعلاج مرض الحصبة measles فى بدايتها ، يستعمل ٣ – ٦ جرامات من فطر *Cordyceps sobolifera* الجاف ؛ حيث يغلى فى الماء . ويشرب منه مرتين يوميًا .

ويعتبر الفطر *Cordyceps sobolifera* هو الطور الجنسى التابع للفطريات الهيفية Hyphomycetes ، بينما طوره الناقص (اللاجنسى) هو *Isria cicadae* . وفى الطب الشعبى الصينى يطلق على هذا الفطر اسم Cicada Fungus ؛ حيث يستعمل كعقار شافٍ لعديدٍ من الأمراض ، كل ذلك من فطر ممرضٍ يصيب يرقة ضعيفة سيئة الحظ ، فسبحان الله !!! .

د – تحت طائفة الفطريات الأسكية الحشرية

Sub Class : Laboulbeniomycetidae

تضم هذه التحت طائفة مجموعة كبيرة من الفطريات الأسكية الدورقية التى يفتقد تركيبُها الميسليوم الحقيقى ، معظمها يتطفل على الحيوانات من شعبة مفصليات الأرجل ، خاصة فى المناطق الدافئة .

ويتبع هذه التحت طائفة رتبة الفطريات الحشرية Laboulbeniales التى تحتوى

على فطريات متطفلة على درجة عالية من التخصص ، تتطفل على الحشرات والعناكب ، ولكنها ضعيفة التأثير على عوائلها ، مسببة تهيجا بسيطا على الأكثر . ولا يسبب هذا التطفل ضررا ملحوظا ؛ حيث تنمو هذه الفطريات على سطح العائل ، وقلما تتغلغل تحت هيكله الشيتينى الخارجى .

ولقد سميت هذه الرتبة باسم مكتشفها عالم الحشرات الفرنسى الشهير " ألكسندر لابيولبين A. Laboulbene " . وتضم هذه الرتبة أربع عائلات ، تحتها ١٢٤ جنسا . ويمكن تقسيمها كما يلى :

١ – عائلة Ceratomycetaceae :

تضم هذه العائلة ١٢ جنسا تحتها ٨٣ نوعا ، وأهم أجناسها *Ceratomyces* .

٢ – عائلة Euceratomycetaceae :

تضم هذه العائلة خمسة اجناس ، تحتها سبعة أنواع ، وأهم أجناسها *Euceratomyces* .

٣ – عائلة Herpomycetaceae :

تضم جنسا واحدا هو *Herpomyces* ، تحته ٢٥ نوعا .

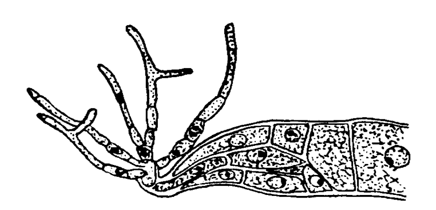
٤ – عائلة Laboulbeniaceae :

هى أكبر العلائلات التابعة لهذه الرتبة ؛ حيث تضم ١٠٦ أجناس ، تحتها ١٦١٦ نوعا . ومن أهم الأجناس التابعة لها : *Laboulbenia* و *Rhachomyces* و *Eucantharomyces* ، و *Fanniomyces* ، و *Ecteinomyces* ، و *Teratomyces* ، و *Stigmatomyces* و *Zodiomyces* و *Dimeromyces* و *Coreomyces* .

ولقد ساد الشك فى نسب هذه الفطريات ، ويرجع ذلك إلى تركيبها البسيط ؛ حيث إنها لاتكون هيفات الفطر المعتادة ، ولكنها تتكون من حامل (تخت) receptacle (شكل ٩ – ٤٩)، مكون – عادة – من خليتين ، يتصل بجليد العائل بواسطة قاعدة أو قدم سوداء اللون ، بينما تنمو من الحامل زوائد appendages خيطية الشكل ، تتكون الأعضاء الجنسية (التناسلية) عليها أو بينها .

وقد تتولد التراكيب التناسلية الذكرية والأنوثية على فرد واحد ، أو قد توجد على أفراد مختلفة ، كما فى الأنواع الثنائية المسكن . وتتكشف – بعد التكاثر الجنسى – ثمرة أسكية مقفولة تنطلق منها الجراثيم الأسكية .

ويغطى الفطر بغشاء صلب ، رقيق متجانس ، مشتق من غطاء الجرثومة الهلامى ، والخلايا الموجودة داخل هذا الغطاء وحيدة النواة (شكل ٩ – ٤٩) ، وذات جدر غليظة ، وتتصل بالخلايا المجاورة لها بواسطة نقر عريضة .



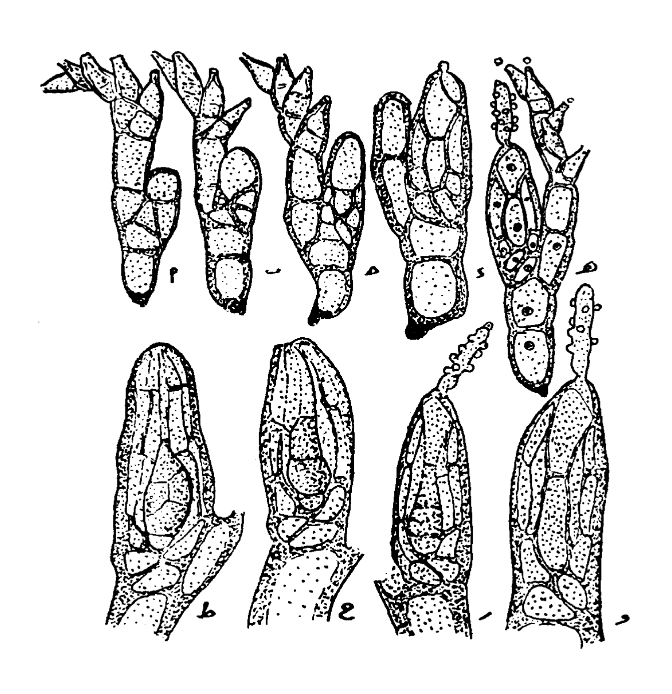
شكل (٩ – ٤٨) : الفطر *Laboulbenia chaetophora* : ثمرة أسكية مقفلة حديثة وشعيرة أنثوية Trichogyne .

والجراثيم متناسقة تناسقا عجيبا ؛ فهى شفافة ذات شكل مغزلى أو إبرى ، ذات خليتين (شكل ٩ – ٥٠) . ويوجد غلاف هلامى (جيلاتينى) جيد التكوين ، وخاصة حول الخلية الأكبر حجما ، والأكثر قربا من الكيس الأسكى ؛ وبذلك تكون مهيئة عند انطلاق الجرثومة الأسكية للالتصاق بجليد العائل الحشرى .

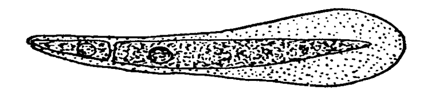
وتساعد الكتلة الهلامية – فى هذه الحالة – الجرثومة على أن تأخذ الوضع المائل الذى يحدث فيه الإنبات ، كما أنها تكسب اتصالها بالعائل الحشرى مرونة خاصة ، وبذلك ترقد الجرثومة إلى الخلف على طول جسم العائل الحشرى السريع الحركة .

ويخترق ممص قصير مدبب الطرف للجرثومة الناتبة غطاء الحشرة الشيتينى إلى مسافة قصيرة ، ولكنه لا يصل أبدا إلى الأنسجة التى تحته ؛ لذلك فلقد اقترح أن الفطر يحلل الشيتين ويستعمله فى غذائه . وفى بعض الأنواع ينمو شبه جذر Rhizoid ، ويدخل جسم العائل الحشرى ، ويمتص الغذاء من المواد السائلة التى تحيط به ؛ وذلك عن طريق الانتشار من الفراغ الدموى فى الحشرة الحية . ويؤكد ذلك زيادة نموات الفطر بالقرب من المراكز الدموية ، وكذلك على طول القنوات الدموية ، حتى إذا

اتصلت بتركيب شيتيني . ولقد أطلـــق (1971) Beniamin على هـــذه التركيبـــات اسم " ممصات houstoria " .



شكل (٩ – ٤٩) : الفطر *Stigmatomyces baeri* . تكشف الثمرة الأسكية المقفلة ، (أ) تبين الحامل الثنائى الخلية ، وزائدة مفردة تحمل خمسة أعضاء جرثومية ذكريـــة بسيطة، داخلية التكوين ، وكذلك بدء تكوين الثمرة الأسكية ، (ب – ط) تبين أطوارا متتابعة فى تكشف الثمرة الأسكية ، وقد بدأ فى (د) ظهور الشعـــيرة الأنثويـــة ، وفى (هــ) قذف الجراثيم الذكريـــة ؛ حيـــث التصـــق بعضـــها بالشعيرة الأنثوية ، ويظهر فى (ط) خليتان ، من الأربع خلايـــا الأســـكية ، تعلوها خلية عقيمة ، وفى أسفلها خلايا عقيمة أخرى ابتدائية وثانوية .



شكل (٩ - ٥٠) : الفطر *Laboulbenia elongata* : جرثومة ثنائية الخلية بعد انطلاقها من الكيس الأسكى ؛ حيث يظهر الغلاف الهلامى حولها ، وخاصة حول الخلية الكبيرة .

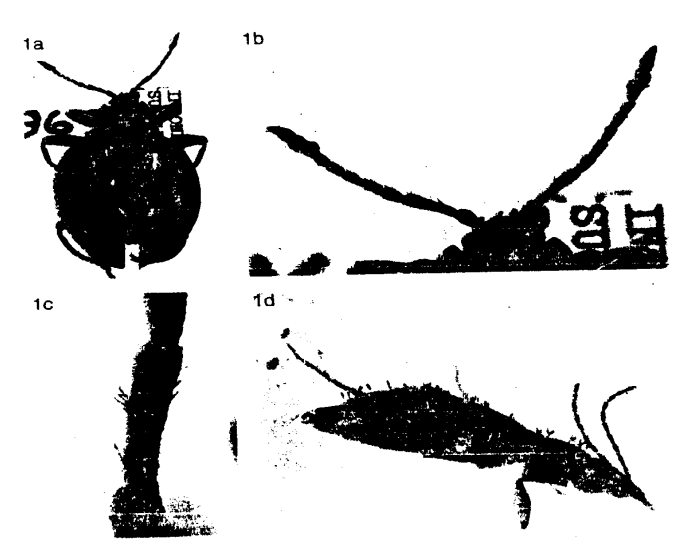
ويحصل الطفيل على كل احتياجاته الغذائية من عائله الحشرى ، مسببا اصابة جليدية لا تتعدى تهيجا بسيطا ، ولكن دون أية أعراض خارجية مرضية . ولا يسبب الفطر موتا لعائله ؛ وذلك لارتباط حياته بحياة الحشرة وبقائها .

ومن الغريب أن هذه الرتبة من الفطريات الأسكية الحشرية لا تجد جاذبية لدى علماء الفطريات لدراستها ، وربما يرجع هذا الإهمال إلى أن علاقة هذه الفطريات بعوائلها الحشرية لا تسبب ضررا بالغا لها . كما أن هذه الفطريات متطفلات إجبارية على عوائلها ؛ وبذلك لا يمكن تنميتها على بيئات غذائية فى المعمل ؛ وهذا يؤدى إلى صعوبة توفير لقاح كاف منها يمكن استخدامه فى الدراسات المعملية .

ويعتبر Robin (1853) أول من درس هذه المجموعة من الفطريات وعلاقتها بعوائلها الحشرية ، ثم استكمل دراستها عالم الفطريات الألمانى " أنطون دى بارى A. De Bary (1884) " ووضعها مع الفطريات الحشرية .

وعلى الرغم من عدم مصادفة هذه الفطريات فى الطبيعة فهى ليست نادرة . فكل نوع من الحشرات له فطر من هذه الرتبة يتطفل عليه ، وأيضا لكل فطر عائله الحشرى الخاص . ولقد تأكد ذلك بالتجارب المتكررة ، وخاصة تلك التى أجريت على خمسة أنواع من الجنس *Herpomyces* على ١٥ نوعا من الصراصير ؛ حيث أظهرت النتائج أن هذه الفطريات على درجة كبيرة من التخصص بالنسبة للعائل .

وفى بعض الفطريات التابعة لهذه الرتبة يتجاوز الأمر مداه ؛ فلا يقتصر التخصص على الحشرة ذاتها ، بل يزيد على ذلك ويختص الفطر بإصابة الأفراد المذكرة أو المؤنثة من الحشرة دون الأخرى ، بل إنها لتقتصر فى إصابتها على أجزاء معينة من جسم الحشرة لا تتجاوزها . وقد تصاب الحشرة بنوعين من هذه الفطريات ، ولكن كلا منهما لا تغزو النسيج من الحشرة التى ينفرد النوع الآخر بإصابته . ومثل هذا التخصص الزائد على حده قد يبدو خياليا ولا يمكن تصديقه .



شكل (٩ - ٥١) : a – حشرة خنفساء *Endomychid* من إندونسيا .
b – شكل قرن الاستشعار .
c – عقل قرن الاستشعار تحمل ميسليوم الفطر *Rickia* sp. .
d – ثالوس الفطر *Laboulbenia* على الجناح الغمدى وصدر حشرة خنفساء الكارابيد الإنجليزية British carabid beetle .

ويتركب الفطر من خليتين إحداهما فوق الأخرى ؛ حيث يتكشف من الخلية الكبرى حامل (تخت) receptacle يحمل زوائد طرفية فى الأنواع الوحيدة المسكن monoecious forms ، والثمرة الأسكية تكون جانبية . ومن النادر أن يتكون الحامل من خلايا عديدة .

والثمار الأسكية فى هذه الفطريات صغيرة ومعنقة ، ولا تحتوى على شعيرات عقيمة ولا شعيرات مبطنة . ويختلف عدد الجراثيم الأسكية الموجودة فى كل كيس أسكى ؛ حيث تتراوح بين ٤ و ٨ جراثيم . والجراثيم الأسكية ثنائية الخلايا (شكل ٩ – ٥٤)، ويختلف شكل وحجم هذه الجراثيم بدرجات بسيطة داخل الرتبة ، وهذه الصفات لا يعول عليها كثيرا فى تعريف الأنواع المختلفة .

ويتم التكاثر الجنسى عن طريق الاقتران البذيرى ، فتنطلق خلايا ذكرية غير متحركة non-motile spermatia من الحوافظ الجاميطية الذكرية antheridia ؛ حيث يتم الاقتران البذيرى بينها وبين الشعيرات الأنثوية للمولدات الأسكية . وليس من المعروف – حتى الان – التكاثر اللاجنسى فى هذه الفطريات .

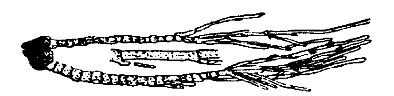
والفطريات التابعة لهذه الرتبة تكون تراكيب مختلفة ، مكونة من عدد معين من الخلايا والأعضاء فى توافق مذهل ؛ مما يكون الجسم الثمرى ، الذى يطلق عليه بصفة عامة اسم " الثالوس الفطرى thallus " . ويشار إلى المحور الرئيسى الذى يحمل أعضاء التكاثر باسم الحامل (التخت) receptacle .

والتخت الأولى (شكل ٩ – ٥٥) يتكون من خلايا منبثقة من الخلية السفلى للجرثومة الأسكية ؛ حيث تلتصق بالهيكل الخارجى للعائل الحشرى (الجليد) عن طريق خلية القدم القاعدية basal foot cell ذات اللون الأسود . وقد ينشأ تخت ثانوى من التخت الأولى ، والذى قد يحمل جسما ثمريا أسكيا واحدا أو أكثر . وعادة ما يتكون التخت من عدد محدود من الخلايا التى تختلف بعضها عن بعض اختلافا كبيرا فى تعقيدها وتركيبها . ويعتمد على ذلك التركيب فى تعريف أجناس الفطريات .

ويتفرع من الحامل (التخت) زوائد خيطية appendages متفرعة بإتقان ، تحمل الأعضاء المؤنثة (شكل ٩ – ٥٤) ، وتعمل على حمايه ووقاية الشعيرة الأنثوية trichogyne الرقيقة ، وربما تسهل أيضا الإخصاب ، وذلك بحفظها للماء حول التركيبات الخاصة بهذه العملية . وتنشأ الزوائد الأولى من القطعة الصغرى للجرثومة الأسكية ، بينما تنشأ الزوائد الأخرى من الحامل .

والأعضاء المذكرة عبارة عن خلايا غير متحركة تتكون خارجيا على أطراف أفرع متخصصة إلى حد ما (شكل ٩ – ٥٤) ، وهى مقسمة بجدر عرضية ، ويبدو أنها تقابل الجاميطات الذكرية spermatia فى بعض الفطريات الأخرى ؛ أى إنها أعضاء تذكير antheridia مختزلة إلى خلية فردية وحيدة النواة (شكلى ٩ – ٥٢ ، ٥٣) ، تحمل بواسطة عوامل خارجية إلى العضو المؤنث .

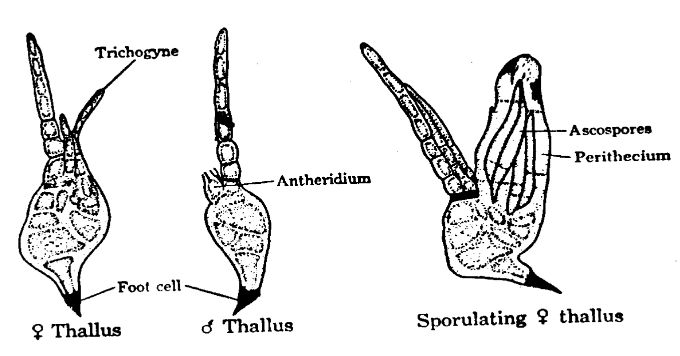
وتبرز فى الفطر *Stigmatomyces* المحتويات ككتلة عارية وحيدة النواة ؛ وذلك بدلا من انفصالها من فرع خاص ، وقد يؤدى ذلك إلى نوع من التخصص يحمل الأعضاء الذكرية مفردة (شكل ٩ – ٤٩ من أ إلى – هـ) أو فى مجاميع (شكل ٩ – ٥٣) .



شكل (٩ - ٥٢) : الفطر *Ceratomyces rostratus* جراثيم ذكرية خارجية التكوين .



شكل (٩ - ٥٣) : الفطر *Dimeromyces africanus* عضو جرثومى ذكرى مركب .



شكل (٩ - ٥٤) : الفطر *Laboulbenia formicarum* الأفراد المذكرة والمؤنثة ، وفرد مؤنث متجرثم .

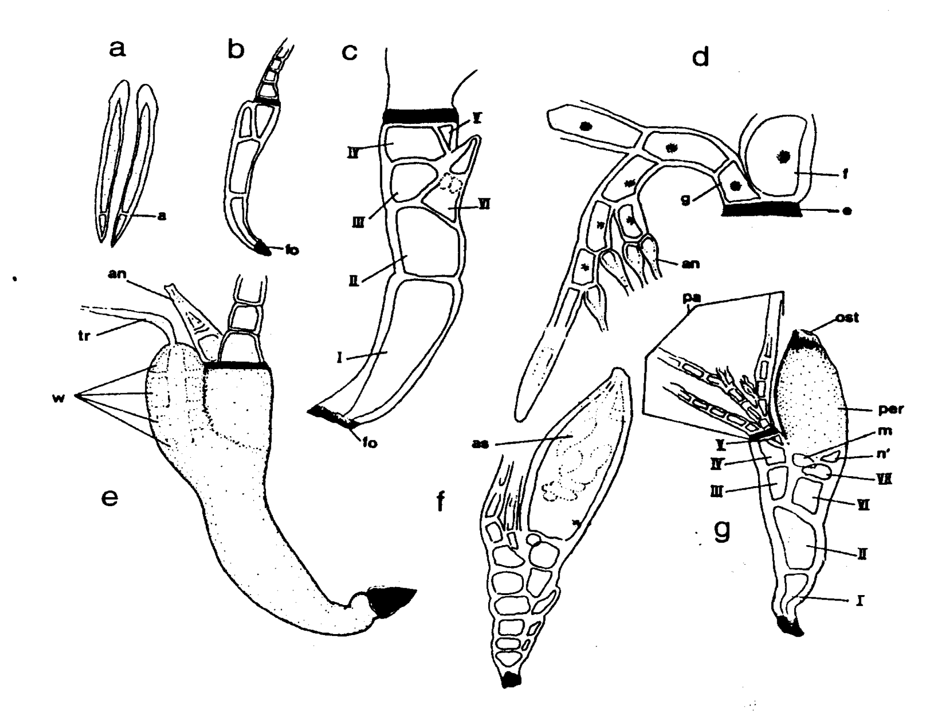
ويمكن اعتبار البروتوبلازم العارى شبيها لخلية ذكرية ، وأيضا يمكن اعتبار العضو الذى يتكون فيه البروتوبلازم العارى عضو تذكير ، بينما تعتبر الكتلة العارية نفسها خلية ذكرية غير متحركة non-motile spermatia . ويبدو - بسبب التشابه الكبير فى تفاصيل صفات أخرى بين الأنواع الخارجية التكوين وأخرى داخلية التكوين - أن الافتراض الأول أكثر ترجيحا ، وأن استعمال اصطلاح الخلايا الذكرية seprmatia مناسب لهذا الغرض .

وفى بعض الأجناس – مثل الجنس *Rhachomyces* – فإن الزوائد تكون متزاحمة وداكنة اللون ، وعادة ما تحجب الحوافظ الجاميطية الذكرية . وهذه الحوافظ الجاميطية مازالت غير معروفة فى بعض الأجناس ؛ حيث يعتقد ان الخلايا الذكرية تنتج – سواء خارجيا exogenously – بطريقة تشبه إنتاج الكونيديا ؛ مثال ذلك الجنس *Ceratomyces* (لوحة ملونة ١١ – جـ) ، أم داخليا endogenously ؛ بتكوين حوافظ جاميطية ذكرية قاروية الشكل بسيطة التركيب ، ومثال ذلك الجنس *Laboulbenia* (شكل ٩ – ٥٥ – d ، g) ، أو عن طريق تكوين حوافظ جاميطية معقدة ، والتى فيها ينطلق عديد من الخلايا الذكرية من فراغ الحافظة الجاميطية مثال ذلك الجنس *Eucantharomyces* (لوحة ملونة ١١ – أ) .

وتتكون الأعضاء المؤنثة من الخلية السفلى فى الجرثومة النابتة ؛ ولذلك تكون جانبية الوضع ، وقد يكون هذا الوضع الجانبى ليس واضحا فى الثالوس الناضج؛ حيث تدفع الثمرة الأسكية الناضجة زوائد الجسم الثمرى جانبيا، بينما تأخذ هى مركزا طرفيا.

ولا يختلف نمو الجسم الثمرى الأسكى الدورقى عن الحامل (التخت) (شكل ٩ – ٥٥ – b) ، حيث يتميز إلى خلايا الساق والثمرة الأولية التى تنمو بعد ذلك مكونة شعيرة أنثوية trichogyne (شكل ٩ – ٥٥ – c) أو حافظة أنثوية ascogonium والخلايا المرافقة لها . وتنمو – عادة – خلايا جدار الجسم الثمرى الأسكى حول خلايا عضو التأنيث carpogenic cells ، وحول خلايا الشعيرة الأنثوية trichophoric cells بطريقة محكمة ؛ حيث يعتمد على العدد والحجم النسبى لخلايا الجدار الخارجى فى التفرقة بين العائلات وتحت العائلات المختلفة التابعة لهذه الرتبة .

ولقد وجد فى الفطر *Stigmatomyces baeri* (شكل ٩ – ٤٩ – أ) أن الخلية السفلى فى الحامل (التخت) receptacle تنقسم إلى خليتين ، تنمو العليا منهما لتكوين الفرع المؤنث ، ثم تنقسم عرضيا ؛ حيث يتكون من الخلية العليا الجديدة عضو التأنيث ascogonium ، بينما تنقسم الخلية السفلى عدة مرات ؛ لتكون – فى النهاية – جدار الثمرة الأسكية المزدوج . وتنقسم الخلية العليا إلى خليتين : سفلية وهى عضو التأنيث ، وعلوية حيث تنقسم مرة أخرى عرضيا ، وتتكون الشعيرة الأنثوية trichogyne الثنائية الخلايا (شكل ٩ – ٤٩ د – هـ) .



شكل (٩ – ٥٥) : a – جرثومة أسكية ثنائية الخلايا .

b – الثالوس الفطرى للجنس *Laboulbenia* .

c – الجسم الثمرى الأسكى الدورقى للجنس *Laboulbenia* .

d – زائدة أولية للجنس *Laboulbenia* تحمل حافظة جاميطية مذكرة (أنثريدة) .

e – شعيرة أنثوية trichogyne وخلايا جدار الجسم الثمرى الأسكى الدورقى للجنس *Laboulbenia* .

f – ثالوس فطرى ناضج فى الجنس *Asaphomyces* يحمل أكياسا أسكية تامة التكوين .

g – ثالوس فطرى ناضج فى الجنس *Laboulbenia* يحمل خلايا مستقبلة وزوائد أولية .

مصطلحات ومختصرات مستعملة لوصف الأشكال السابقة (عن Tavares, 1985) .

a = الجدار الفاصل الأصلى للجرثومة الأسكية .

an = حافظة جاميطية مذكرة (أنثريدة antheridium) .

as = كيس أسكى ascus .

e = الخلية الأولى للزائدة الأولية فى الجنس *Laboulbenia* .

f = الخلية الثانية للزائدة الأولية فى الجنس *Laboulbenia* (الخلية القاعدية basal cell للزائدة الخارجية) .

fo = خلية القدم foot cell . نقطة اتصال الثالوس الفطرى بجليد الحشرة ، عادة يكون داكن اللون .

g = الخلية القاعدية للزائدة الداخلية فى الجنس *Laboulbenia* .

m = الخلية القاعدية للجسم الثمرى الأسكى الدورقى المتكون من الخلية VI.

n = الخلية القاعدية الثانية للجسم الثمرى السابق المتكونة من الخلية VII .

ost = فتحة فوهة الجسم الثمرى الدورقى (ostiole) .

pa = الزائدة الأولية primary appendage .

per = جسم ثمرى دورقى perithecium .

tr = شعيرة أنثوية trichogyne .

w = خلايا جدار الجسم الثمرى الأسكى .

I = الخلية القاعدية للثالوس الفطرى .

II = الخلية فوق القاعدية للثالوس الفطرى .

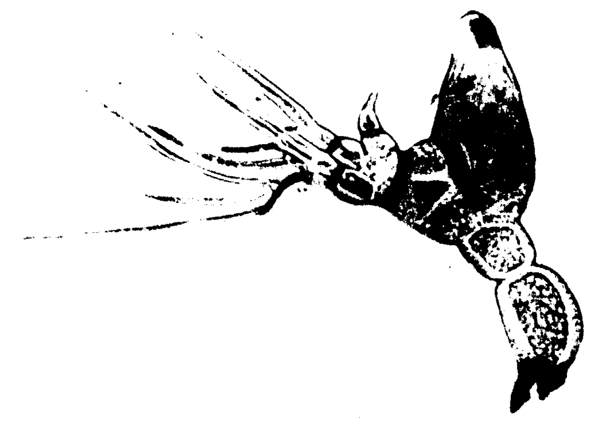
III = الخلية العليا للحامل (التخت) الأولى primary receptacle .

IV = الخلية الخارجية العليا للتخت الأولى المتكون من خمس خلايا فى الجنس *Laboulbenia* .

V = الخلية الداخلية العليا للتخت الأولى السابق .

VI = خلية حامل الجسم الثمرى الأسكى الدورقى .

VII = خلية الحامل الثانوية للجسم الثمرى السابق .



شكل (٩ - ٥٦) : الثالوس الداخلى للفطر *Laboulbenia uhleri* كما يشـــاهد بالميكرســكوب الضوئى العادى .

وينقسم عضو التأنيث بعد مرحلة الإخصاب إلى ثلاث خلايا (شكل ٩ - ٤٩ - ز)، ثم إلى أربع خلايا بعضها فوق بعض ، وتنقسم الخلية قبل الأخيرة منــــها - أى التـــى يفصلها عن الشعيرة الأنثوية خلية واحدة - انقساما طوليا إلى أربــع خلايــا أســكية ، تتبرعم منها الأكياس الأسكية . والكيس الأسكى الحديث ثنائى النـــواة ؛ حيــث تتحــد النواتان ، ثم يحدث انقسام اختزالى ، يعقبه انقسامان غير مباشرين ، وينتج عــن ذلــك ثمانى أنوية .

وكقاعدة عامة تتكون أربع جراثيم أسكية فقط ، وتتلاشى الأنوية الباقية ، بينما نادرا ما تتكون ثمانى جــراثيم أسكية . وعندما تتكون ثمانى جراثيم أسكية فإنها عــادة مــا تكون طويلة ذات شكل مغزلى ومن خليتين . ويعتقد أن الغطــاء الخــارجى الســميك للجراثيم الأسكية ذو قوام جيلاتينى (شكــل ٩ - ٥٠) ؛ وذلــك بغــرض التصــاق الجرثومة بجسم العائل الحشرى .

وتقذف الخلايا الذكرية الداخلية التكوين endogenous spermatia مبـــاشرة إلـــى الشعيرة الأنثوية trichogyne ، أو قد تحمل إليها بواسطة المياه التى تحيــط بــالفطر ، وذلك عندما تكون العوائل الحشرية مختبئة فى أماكن رطبة . بينما إن كـــانت الخلايــا

الذكرية خارجية التكوين exogenous spermatia (كما فى الجنس *Zodiomyces*) فإن الخلايا الذكرية تسقط من الأفرع الذكرية التى تتكون عليها على الحامل الفنجانى الشكل ؛ حيث تظهر الشعيرة الأنثوية – فى هذه الأثناء – كأنها تبحث عن الخلايا الذكرية . وتكون الشعيرة الأنثوية منحنية فى أول الأمر ؛ فإذا ما التصقت بها خلية ذكرية ؛ فإنها ترفع نفسها مرة أخرى .

وتترتب الجراثيم الأسكية المتكونة – عادة – فى أزواج ؛ حيث يقذف كل زوج منها معا ، وتنبتان على سطح العائل الحشرى جنبا إلى جنب . ويلاحظ أن زوج الجراثيم الأسكية يختلف فى حجمه ؛ حيث يتكون من الجرثومة الصغيرة فرد مذكر ، بينما ينتج من الكبيرة فرد مؤنث ؛ وعلى ذلك فمرافقة كل منهما للاخر تهيئ الحالة اللازمة لدوام الفطر واستمراره .

وتظهر الفطريات التابعة لهذه الرتبة Laboulbeniales درجة عالية من التخصص العوائلى ؛ حيث تنحصر فى إصابة أنواع أو أجناس محددة من شعبة مفصليات الأرجل. ومن المعروف – منذ زمن بعيد – أن بعض هذه الفطريات يتخصص فى إصابة نسيج معين من عائله الحشرى ؛ حيث يطلق على ذلك " التخصص الوضعى " position specificity (Peyritsch, 1875) .

ومن ناحية أخرى يعتقد Benjamin & Shanor (1952) أن بعض أنواع هذه الفطريات تنحصر فى إصابة بعض أجناس العوائل الحشرية دون الأخرى ؛ حيث يصاب الذكر دون الأنثى أو العكس ، ويطلق على ذلك " التخصص على جنس العائل " " sex of host specificity " ، ومازال هذا التخصص الشديد محل تساؤل حتى الآن (Scheloske, 1969) .

ويبدو أن انتقال الفطر من حشرة إلى أخرى يتم عن طريق الاتصال المباشر بين هذه العوائل الحشرية ، ومع ذلك فهناك بعض العوامل الحيوية مازالت محل تساؤل ، كما أن الدور الدفاعى الذى تقوم به الحشرة تجاه الفطر المتطفل – وكذلك تأثير الفطر على حيوية العائل الحشرى – مازالت كلها أمورا غامضة تحتاج إلى مزيد من الدراسة.

ومازالت الأبحاث التى أجريت فى هذا المجال محدودة ؛ إذ إن حوالى ألفى نوع معروف فقط من هذه الفطريات موزعة فى جميع أنحاء العالم ، منها ٣٥٦ نوعا فى

أوروبا (Santamaria et al. 1991) ، بينما لا يتجاوز المعروف من هذه الفطريات في إنجلترا وايرلاندا ٤٥ نوعا (Cannon et al. 1985) ، ثم زاد هذا الرقم إلى ١٠٢ نوع بعد ذلك بحوالي عشر سنوات (Weir. 1994) ، ومازال هناك المزيد من هذه الفطريات ينتظر الكشف عنه .

ومعظم الفطريات المعروفة والتابعة لهذه الرتبة متطفلات إجبارية على الحشرات وخاصة على الخنافس التابعة لرتبة غمدية الأجنحة Coleoptera ، وبعضها على الحلم mites (Arachnida) وعلى ديدان الألف رجل millipedes (Diplopoda) .

وفي عديد من المشاهدات تبدو هذه الفطريات كشعرة خشنة قصيرة (شكل ٩ – ٥١) ؛ سواء داكنة اللون أم باهتة على سطح العائل الحشري . وبعض هذه الأنواع – مثل تلك التابعة للجنس *Rhachomyces* والجنس *Teratomyces* (لوحة ملونة ١١ – هـ) – يمكن فحصها باستعمال عدسة مكبرة (عشرة أضعاف الحجم الأصلي) . ومن الأنواع ذات الألوان الباهتة الأفراد التابعة للجنس *Ecteinomyces* (لوحة ملونة ١١ – ب) .

وتوجد الفطريات التابعة لرتبة Laboulbeniales على مدار السنة ؛ حيث تنتشر على عوائلها الحشرية الخاصة بها ؛ مثال ذلك الجنس *Stigmatomyces* المتطفل على الذباب ؛ حيث تنتشر بصفة خاصة في فصل الخريف ، وذلك عندما يتجمع الذباب فوق المجاري المائية وحواف البرك . ويتم جمع هذه الفطريات عن طريق اصطياد عوائلها الحشرية (الذباب) ، باستعمال الشراك الخداعية ، وأيضا بواسطة المصايد . كما تجمع الخنافس والحشرات الأخرى بنفس الطريقة .. اما خلال شهور الربيع والخريف، فتجمع من أماكن تواجدها .

ويمكن الحصول على هذه الفطريات خلال فصل الشتاء ، وخاصة في الأوقات الشديدة البرودة ؛ حيث تكون الحشرات مختبئة في مكامنها خلال البيات الشتوي . ويتم البحث – عادة – عن هذه العوائل الحشرية في أماكن تجمعها ؛ مثل المباني القديمة ، وتحت قلف الأشجار .

وعلى الرغم من التنوع الكبير في الشكل الخارجي والتركيبي ، والمدى الواسع للعوائل الحشرية التي تتطفل عليها هذه الفطريات ، فإنها مجموعة محدودة ؛ مما يجعلنا نعتقد بأنها منحدرة من أصل مشترك monophyletic (Benjamin, 1973) . ومع

ذلك فهناك جدل علمى مستمر متعلق بالوضع التقسيمى لهذه الفطريات . ولقـد اعتبر الباحث Kohlmeyer (1973) رتبة Spathulosborales المتطفلة على الطحالب الحمراء هى الحلقة المفقودة بين رتبة Laboulbeniales والفطريات الأسكية النموذجية المكونة للأجسام الثمرية الدورقية typical pyrenomyceteous ascomycetes .

وفى أحد الأبحاث الحديثة ربط الباحثان Blackwell & Malloch. (1989) بين هذه الرتبة (Laboulbeniales) والفطريات الأسكية الهيفية hyphal ascomycetes من خلال الجنس الفطرى *Pyxidiophora* الذى يتبع العائلة Pyxidiophoraceae (رتبة Hypocreales) . ويعتقد الباحثان السابقان أن رتبة الفطريات الأسكية الحشرية Laboulbeniales ظهرت من الفطر المتطفل المشابه للجنس *Pyxidiophora* الذى استغل مفصليات الأرجل كعامل انتقال فعال له ، ثم أقلم نفسه للحياة بصفة دائمة على الحشرات . ومازالت هذه الاقتراحات عن منشأ الفطريات الأسكية الحشرية تحتاج إلى مزيد من البحث والدراسة .

٤ – تحت قسم الفطريات البازيدية Sub Division : Basidiomycotina

يضم هذا التحت قسم مجموعة متنوعة من أرقى الفطريات ، تتميز بانتاج جراثيم بازيدية basidiospores خارج جسم متخصص فى إنتاجها وحملها ، يطلق عليه اسم " الحامل البازيدى (البازيديم basidium) ". والجراثيم البازيدية تكون – عادة – وحيدة الخلية، وحيدة النواة ، وحيدة المجموعة الصبغية .

وتشابه الجراثيم البازيدية الجراثيم الأسكية – السابق الإشارة إليها – فى أنها تتكون نتيجة لعمليات الاقتران البلازمى والاقتران النووى ثم الانقسام الاختزالى . وتتم الخطوتان الأخيرتان داخل البازيديم . ويتكون – فى النهاية – عدد محدود من الجراثيم البازيدية يصل عددها – عادة – إلى أربع جراثيم تنتظم على البازيديم .

وكثير من العلماء يعتبر الجراثيم البازيدية هى المماثل المقابل للجراثيم الأسكية لتشابههما فى طريقة التكوين ؛ ومن ثم تعتبر الفطريات البازيدية قد تطورت من الفطريات الأسكية .

ومن أهم الرتب التابعة للفطريات البازيدية – والتى تتطفل أفرادها على الحشرات – رتبة Septobasidiales التى تتبعها عائلة واحدة هى Septobasidiaceae . وتضم هذه العائلة جنسين فقط ؛ هما : *Septobasidium* و *Uredinella* ، تحتهما ١٧٥ نوعـــا ؛ جميعها تتطفل على الحشرات القشرية scale insects .

وتتميز هذه الفطريات بأن البازيديم يكون مقسماً بجدر مستعرضة ، إلا أن الجســم الثمرى ليس جيلاتينى القوام . ويتميز الجنس *Septobasidum* بأن البـــازيديم الأولـــى يكون على شكل جرثومة مغلظة الجدار ، تكون – بعد ذلك – بازيديوما علويًا مقســـمًا بثلاثة حواجز عرضية إلى أربع خلايا ؛ يتـــكون على كلٍّ منها ذنيب sterigma يحمل جرثومة بازيدية (شكل ٩ – ٥٧) .

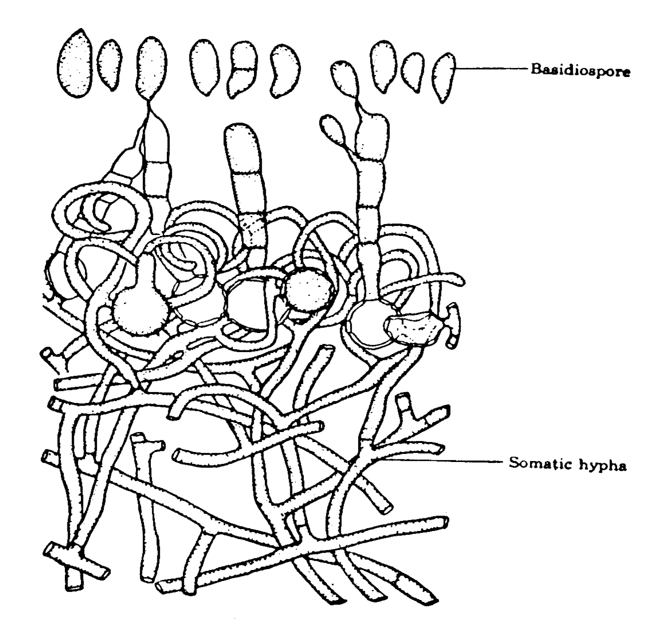
أما الجنس *Uredinella* فهو يشابه الفطريات التابعة لرتبة الأصـــــداء Uredinales حيث إنه يكون جراثيم تيليتية ، بالإضافة إلى نوع آخر من الجراثيم الثنائية الأنوية تشبه الجراثيم اليوريدية فى فطريات الأصداء التى تصيب النباتات ، والتى تمثل نوعا مـــــن الكونيديات الثنائية الأنوية التى تستطيع أن تكرر نفسها .

وليس من المعروف – على وجه الدقة – الدور الذى تقوم بــــه الجراثيـــم الثنائيـــة الأنوية ، والتى أطلق عليها اسم الجراثيم اليوريدية ، فى الفطر *Uredinella* .

ومن المعروف أن الأفـــراد التابعـــة للجنســـين : *Septobasidium* و *Uredinella* تتطفل على الحشرات القشرية ؛ حيث تنبت الجرثومة البازيدية علـــــى جســـم عائلـــها الحشرى ، وتتغلغل الهيفات الفطرية داخل جسم الحشرة التى تستقر بدورها على العائل النباتى .

ويكوّن الفطر حصيرةً ميسليومية فوق جسم الحشرة ، وعندما يستكمل الفطر تكوينه للمستعمرة الفطرية يتعقد تركيبها ، وتتجمع الحشرات القشرية تحتـــها فـــى مســـتعمرةٍ حشرية . ولا ينتج عن تطفل الفطر موت عائله الحشرى ، ولكن الحشـــرات المصابـــة بالفطر تصبح عقيمة .

ويلاحظ فى الجنس *Septobasidium* أن الأنواع التابعة لها (حوالى ١٧٠ نوعـــا) تتطفـــل على مستعمرةٍ حشريةٍ كاملةٍ ، فى حين أن الأنواع التابعة للجنس *Uredinella* (خمسة أنواع) يقتصر تطفلها على حشرات فرديةٍ .



شكل (٩ - ٥٧) : الفطر *Septobasidium fumigatum* .
البازيديم الأولى على شكل جراثيم مغلظة الجـدار ، يتكـون منـها بـازيديم
عنوى مقسم يحمل أربع جراثيم بازيدية .

٥ - تحت قسم الفطريات الناقصة Sub Division : Deuteromycotina

هى مجموعة كبيرة للغاية من فطريات يتكـون ميسـليومها مـن هيفـات مقسـمة ومتفرعة، وتتكاثر لا جنسيا فقط بتكوين الكونيديات conidia ، بينما لم تكتشف لها حتى الان طريقة للتكاثر الجنسى . ولما كانت هذه الفطريات ينقصها وجود الطور الجنسى ، لذلك أطلق عليها اسم الفطريات الناقصة Imperfect Fungi (Fungi Imperfecti) .

ومعظم هذه الفطريات تكون أطوارا كونيدية شديدة الشبه بالأطوار الكونيدية لبعض الفطريات الأسكية المعروفة ؛ وعلى ذلك يمكن اعتبار معظم الفطريات الناقصة أطوارا كونيدية لفطريات أسكية تنتج فى الطبيعة أطوارها الجنسية تحت ظروف خاصة نادرة لم تُشاهَدْ حتى الان ، أو أنها - خلال تطورها - تخلت تماما عن إنتاج الأطوار الأسكية فى دورة حياتها .

وتضم هذه الفطريات بعض أشباه الرتب التى ترتبط أفرادها ارتباطا وثيقا بالحشرات ؛ ومن أهمها :

أ - شبه رتبة Sphaeropsidales :

تحتوى على أربعة أشباه عائلات ؛ منها شبه عائلة Zythiaceae التى تكون أوعية بكنيدية ذات ألوان فاتحة أو زاهية . وجدار الوعاء البكنيدى لين أو شمعى القوام . وتتكون الأوعية البكنيدية داخل حشيات ثمرية stroma أو بدونها (شكل ٩ - ٧٣) .

ومن أهم أشباه الأجناس التابعة لها شبه جنس *Aschersonia* الذى يتطفل على الحشرات ، وخاصة فى المناطق الدافئة . ويتطفل هذا الفطر على الذباب الأبيض (Aleyrodidae) والحشرات القشرية (Coccidae) ، كما استخدم الفطر *A. aleyrodis* بنجاح فى مقاومة الحشرة القشرية فى ولاية فلوريدا وغيرها من المناطق التى تتميز بارتفاع نسبة الرطوبة الجوية ؛ بحيث تكفل انتشار الفطر على هيئة وباء .

ب - شبه رتبة Moniliales :

هى أكبر أشباه الرتب فى الفطريات الناقصة ؛ فهى تضم أكثر من مائة ألف شبه نوع ، كثير منها له أهمية خاصة بالنسبة للإنسان ؛ سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشرة . ومن أهم أشباه الأجناس الممرضة للحشرات ما يلى :

* **شبه جنس *Beauveria*** : يعتبر أكثر الفطريات الممرضة للحشرات طبيعيا فى الحقول ؛ حيث يسبب مرض المسكاردين الأبيض لعديد من العوائل الحشرية . ومن أهم الأنواع التابعة له الفطران *B. bassiana* ، و *B. brongniarii* .

ويضم الفطر *B. bassiana* عديدا من السلالات التى تختلف فى إصابة العوائل الحشرية . ويمتاز هذا الفطر بأن كونيدياته تعيش لفترة طويلة ، إلا أنها تتكون بكميات

محدودة . ويصيب هذا الفطر يرقات دودة الحرير ، ودودة الشمع ، وحفار ساق الـذرة الأوربى (شكل ٩ – ٥٨ – a) .

وتحدث العدوى عن طريق التصاق كونيدة الفطر بجليد اليرقة ؛ حيث تنبـت بعـد حوالى يومين ؛ مكونة أنبوب إنبات يخترق جليد اليرقة محللا أنسجتها . وتصل هيفات الفطر إلى التجويف الدموى ، وتهاجم الدم ؛ مما يتسبب فى شلل اليرقة وموتها .

وتظهر هيفات الفطر ذات اللون الأبيض على سطح اليرقات الميتـة ، ثـم تتكـون الكونيديات بعد حوالى يومين . وتظهر على اليرقات المصابة بقع زيتية عنـد أمـاكن اختراق أنابيب الإنبات لجليد الحشرة ؛ نتيجة تحلل الشيتين بفعـل إنزيمـات الفطـر . ويلاحظ توقف الحشرة عن الحركة والتغذية ، ثم تموت .

*** شبه جنس *Culicinomyces* :**

يصيب هذا الفطر يرقات باعوض الأنوفيليـس *Anopheles* بأسـتراليا والولايـات المتحدة . ومن أهم أنواعه الفطر *C. clavisporus* .

*** شبه جنس *Hirsutella* :**

يصيب الأكاروسات ونطاطات الأوراق . تستخدم بعض الأنواع التابعـة لـه فـى المقاومة الحيوية ؛ مثال ذلك الفطر *H. thompsonii* (شكل ٩ – ٧٢) .

*** شبه جنس *Metarhizium* :**

يتبعه الفطر *M. anisopliae* المسبب لمرض المسكاردين الأخضر (شكل ٩ – ٥٨ – b) . ويستخدم هذا الفطـر أيضا فى المكافحـة الحيـويـة لنطاطـات الأوراق فى حقـول قصب السـكر فى البـرازيـل ؛ حيث يبـاع الفطـر تجاريا تحـت اسم **Metaquino** .

*** شبه جنس *Nomuraed* :**

يسبب الفطر *N. rileyi* أمراضا وبائية لعديد من الحشرات فى البرازيل وفلوريـدا بالولايات المتحدة تشبه فى أعراضها مرض المسكاردين الأخضر .

*** شبه جنس *Paecilomyces* :**

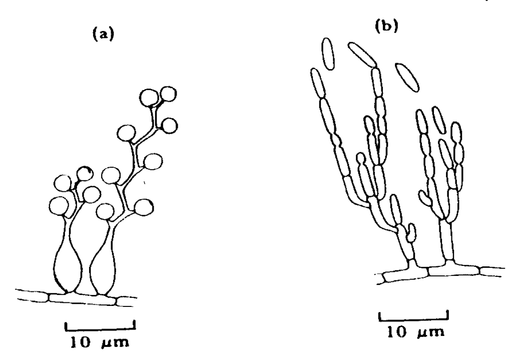
يضم حوالى ١٥ نوعا ممرضا للحشرات .

* شبه جنس *Tolypocladium* : .

ومنه الفطر *T. cylindrosporum* المتطفل على يرقات الباعوض .

* شبه جنس *Verticillium* :

ومنه الفطر *V. lecanii* المتطفل على جميـــع أطـــوار نمو الحشـــرات والعناكب (شكل ٩ - ٧٢) .



شكل (٩ - ٥٨) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات الناقصة الممرضة للحشرات .
a = الفطر *Beauveria bassiana* .
b = الفطر *Metarhizium anisopliae* .

رابعا – الفطريات الممرضة للحشرات Entomopathogenic fungi

تعتبر الفطريات أكثر مسببات أمراض الحشرات انتشارا وأسهلها تميـــيزا ؛ فـــهى متعددة الأنواع ، ذات مدى عوائلى واسع ، وتكون جراثيمها بغزارة ؛ ممـــا يجعلـــها قادرة على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة .

وتتم عدوى الحشرات عن طريق الجراثيم الكونيدية أو الأسبورانجية ، التى تتعلـــق أو تلتصق بجسم الحشرة . وبعد إنبات هذه الجراثيم ، تدخل أنابيب الإنبات إلى جســـم الحشـــرة بالاختراق المباشر للجليد أو عن طريق الجـــروح . وقـــد تدخـــل جراثيـــم الفطريات عن طريق الفم وتجد طريقها إلى القناة الهضمية .

وتساعد البيئات الحارة الرطبة على الإصابة بالفطريات . وحيث إن جراثيم الفطر هى الطور المعدى ، فإن العوامل التى تساعد على انتشارها هى نفسها التى تساعد على انتشار الأمراض الفطرية على الحشرات . وهذه العوامل هى :

١ – تؤدى ظاهرة التجمع فى الحشرات إلى سرعة انتشار الأمراض الفطرية بينها؛ مثال ذلك انتشار الجراثيم اللزجة للفطر *Empusa grylli* على النطاطات التى تتجمع ليلا ؛ فتلتصق بأجسامها .

٢ – تلعب المفترسات والطفيليات الحشرية دورا هاما فى نشر جراثيم الفطريات الممرضة .

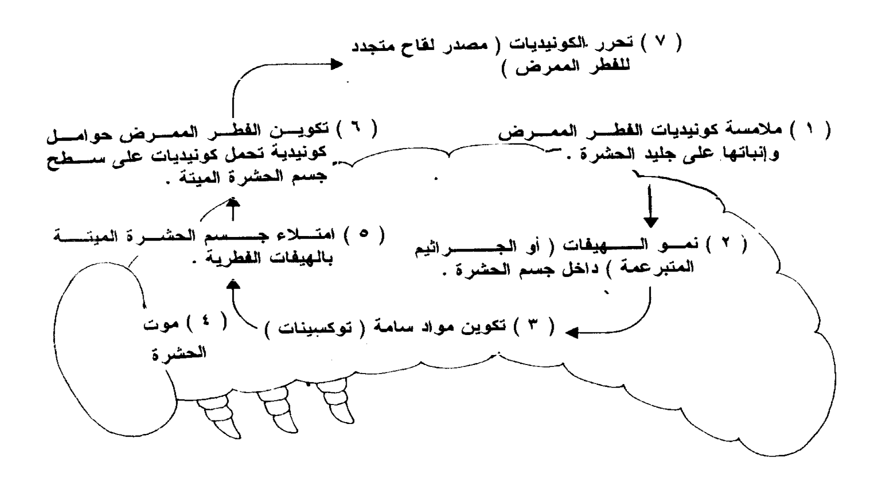
٣ – تنتشر جراثيم بعض الفطريات الممرضة للحشرات عن طريق الرياح ؛ مما يجعلها موجودة فى بيئات كثيرة تتواجد فيها الحشرات .

٤ – تعتبر جميع الأطوار الحشرية قابلة للإصابة بالفطريات الممرضة ، وقد ينتقل الفطر الممرض من طور حشرى إلى أطوار أخرى .

وتبدأ إصابة الحشرات – عادة – عن طريق اختراق الهيفات الفطرية (وتد العدوى) لجدار جسم العائل (الجليد) ، وخاصة الأغشية بين الحلقات (intersegmental membranes) . وفى بعض الحالات تدخل الوحدات الفطرية (جراثيم أو هيفات) إلى داخل جسم العائل عن طريق أجزاء الفم إلى القناة الهضمية ، أو من الفتحة الشرجية أو التناسلية أو من الثغور والقصبات الهوائية . وفى بعض الفطريات الجرحية ، لا تدخل هيفاتها إلا إذا أضير أو جرح جدار جسم العائل .

وبعد اختراق هيفات الفطر الممرض الحاجز الجليدى (الكيوتيكل) للحشرة ، فإنها تنمو فى اتجاه تجويف الجسم . وتصاب تجاويف الدم – عادة – بالفطر ؛ حيث تنمو فيها هيفاته متبرعمة ومكونة جراثيم برعمية blatospores .

وينحصر رد فعل العائل الحشرى تجاه هذا الغزو الفطرى فى البلعمة phagocytosis أو التكيس الخلوى أو غير الخلوى للهيفات الغازية ، ويؤدى ذلك إلى تكوين كتل حبيبية . وهذا يعمل على حصر وجود الوحدات الفطرية فى أماكن محددة بالحشرة المصابة وعدم انتقالها لإصابة جسم الحشرة بصورة جهازية .



شكل (٩ - ٥٩) : دورة تطور المرض فى حشرة مصابة بفطر ممرض .

وعادة ما يموت العائل الحشرى قبل تكوين الفطر الممرض لجراثيمه البرعمية . وقد يفسر ذلك بتعرض الحشرة للتوكسينات الفطرية ، فإذا ماتت الحشرة ينمو الفطر مترمما فى تجويف الجسم . ويمكن تتبع مراحل إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة فيما يلى :

١ - مراحل إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة :

أ - التصاق الوحدات الفطرية بجليد الحشرة :

يتوقف ذلك على سلالة العائل الحشرى ونوع الفطر الممرض ؛ ففى مرض المسكاردين muscardine فى ديدان القز - المتسبب عن عديد من الفطريات منها *Beauveria bassiana* - ، لا تلتصق جراثيم الفطر بجليد الديدان السليمة . ويحتمل أن يكون هناك دور لبعض المواد المخاطية العديدة التسكر mucopolysaccharides

التى تعمل على التصاق الوحدات الفطرية (جراثيم – ميلسيوم) بجليد الديدان المجروحة .

وتظهر على حشرات الذباب المصابة بفطر *Entomophthora muscae* ميسليوم أبيض وحوامل كونيدية ، وسرعان ما تحاط الحشرة الميتة بكونيديات بيضاء تلتصق بحشرات الذباب التى قد تمر من فوقها ، بينما يؤدى قذف الكونيديات فى الهواء وتعلقها فيه إلى إصابة الحشرات الطائرة بالقرب من الحشرات الميتة .

ب – إنبات الجراثيم والنمو الميسليومى :

تحتاج جراثيم الفطر إلى رطوبة عالية لإنباتها ، كذلك يحتاج نمو أنابيب الإنبات وميسليوم الفطر إلى مورد غذائى – بالإضافة إلى الرطوبة العالية – لكى تستكمل نموها ، حيث يمكن للفطر الاستفادة من مختلف المركبات الطبيعية لكى ينمو على سطح جسم الحشرة .

فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Beauveia bassiana* – المسبب لمرض المسكاردين فى ديدان القز – أن تنبت جراثيمه وتنمو هيفاته فى وجود الجلوكوز أو الجلوكوزأمين أو الأسيتايل جلوكوزأمين ، وكذلك يمكنه الاستفادة من النشا والشيتين وبعض الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية ؛ وهذا يدل على قدرة الفطر على الاستفادة من العناصر الغذائية التى توجد على جليد الحشرة .

ولقد دعا ذلك عديدا من الباحثين إلى الاهتمام بالنظم الإنزيمية للفطريات الممرضة للحشرات ؛ حيث أوضحت هذه الدراسات أهمية انزيمات الليبيز Lipase ، والبروتيز Protease ، والشيتيناز Chitinase التى تفرزها الفطريات الممرضة للحشرات ، والتى تجعلها قادرة على استخدام سطح الحشرة كبيئة غذائية قبل اختراقها لجليد الحشرة ، ونموها داخلها .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن جراثيم بعض الفطريات الجرحية لا يمكنها الإنبات على الجليد السليم للحشرة ؛ مثل جراثيم الفطريات *Aspergillus flavus* و *Mucor hiemalis* ، بينما تنبت جراثيمها إذا لامست المادة الخاثرة coagulum الموجودة على جليد مجروح .

وتظهر بعض المركبات – الموجودة على سطح جليد بعض الحشرات – تأثيرا

مثبطا لإنبات جراثيم فطريات معينة ؛ فمثلا تمنع الأحماض الدهنية – مثل حمض الكابريليك الموجود بوفرة على سطح دودة اللوز الأمريكية *Heliothis zea* – إنبات جراثيم الفطريات .

وعند إنبات جراثيم الفطريات على سطح جليد الحشرة ، يتكون أنبوب إنبات يلامس سطح الجليد ، وينتج عن ذلك – عادة – تكوين عضو التصاق appressorium ، وهى مرحلة هامة تسبق اختراق الهيفا الفطرية للجليد . وقد تتكون مجموعة من أعضاء الالتصاق ناتجة من تجمع هيفات الفطر على سطح الحشرة ، يطلق عليها اسم " الوسادة اللاصقة appressorial pad " .

ويتكون من كل عضو التصاق متكون على سطح الحشرة وتد عدوى infection peg ، يخترق جدار جسم العائل وينفذ إلى الداخل . ويترتب على عملية الاختراق هذه تغيرات تشريحية كيميائية فى جليد الحشرة ، حيث تترسب مادة الميلانين melanin ، وهى مادة ناتجة عن نشاط إنزيم الأكسدة الفينولية phenoloxidase activities . ويعتبر ذلك النشاط مميزا لمواقع اختراق الهيفات الفطرية لجليد جسم العائل الحشرى .

ويتم الاختراق عن طريق نموات هيفية دقيقة يطلق عليها اسم " أوتاد العدوى " ، تنمو من أعضاء الالتصاق ؛ حيث تتخلل جليد الحشرة إلى الداخل بين عقل الهيكل الخارجى . ويعمل نمو هيفات الفطر أسفل الجليد على إحداث تمزقات تساعد على اختراق الهيفات لموقع العدوى .

وتصل هيفات الفطر إلى الطبقات العميقة للجليد الداخلى الذى يتكون من طبقات رقيقة متراصة بعضها فوق بعض ؛ وهنا يمكن أن تنمو الهيفات متوازية مع الطبقات السابقة أو عمودية عليها . وفى حالة النمو المتوازى ، يسبب الفطر تشوهات وتمزقات فى طبقة الجليد الداخلية ؛ نتيجة الضغط الميكانيكى لنمو الهيفات وقدرتها التحليلية بفعل الإنزيمات الفطرية المفرزة من الفطر الممرض . ويمكن ملاحظة بعض التغيرات الخلوية فى طبقة الجليد الداخلية لجدار العائل الحشرى ؛ مصحوبة بتراكم لخلايا الدم ، تدل على إفراز الفطر لبعض الإنزيمات المحللة والتوكسينات .

جـ – نمو الهيفات خلال تجويف دم العائل :

بعد نجاح اختراق الهيفات الفطرية لجليد جسم العائل الحشرى ، تنمو هذه الهيفات

فى تجويف الجسم حول نقطة الاختراق ؛ مكونة خلايا متبرعمة blastospores ، تنتشر مع دورة دم العائل الحشرى إلى الأنسجة الداخلية . ويقل تكوين الخلايا البرعمية عندما تموت الحشرة .

وقد يتحدد انتشار الفطر الممرض عند مكان العدوى ، واختراقه لجليد جسم الحشرة . فمثلا عند إصابة يرقة من فصيلة Elateridae بمرض المسكارين الأخضر (green muscardine) المتسبب عن الفطر *Aspergillus flavus* ، تغزو الهيفات الفطرية الأنسجة الدهنية لليرقة بالقرب من مكان الاختراق ، أما عند إصابة اليرقات بالفطر *Beauveria bassiana* المسبب لمرض المسكاردين الأبيض white muscardine فإن هذا الفطر يغزو جميع الأنسجة اللينة فى جسم اليرقة المصابة ، ولا يهاجم الفطر الأعضاء الصلبة لليرقة إلا بعد موتها .

وفى دراسة لتتبع نمو فطر *Beauveria* داخل يرقات خنفساء الكلورادو فى المعمل على حرارة ٢٤ م ، لوحظ اختراق هيفات الفطر لجليد اليرقة بعد ٤٨ ساعة من العدوى، وبعد ٧٢ ساعة ظهرت الجراثيم البرعمية فى الدم ، ثم فى الأجسام الدهنية بعد ذلك بيوم . و بدأت النموات الفطرية فى مهاجمة العضلات فى اليوم الخامس ، وأنابيب ملبيجى والقصبات الهوائية فى اليوم السادس ، بينما هاجمت النموات الفطرية القناة الهضمية فى اليوم الثامن .

وفى جميع الحالات السابقة لوحظ تحلل أنسجة اليرقة قبل تقدم الفطر Killing in-advance ، وهذا يدل على اشتراك التوكسينات الفطرية فى العدوى ، كما أن ظهور البلعمة الدموية والتكييس يدلان على عدم قدرة يرقات خنفساء الكلورادو على مقاومة الفطر الممرض .

٣ – رد فعل الحشرة تجاه الإصابة بالفطريات الممرضة :

أ – ردود الفعل الدموية :

من الظواهر المألوفة فى الحشرات – عند إصابتها بالجراثيم البرعمية للفطريات الممرضة – ظهور نشاط عديد من خلايا دمها للإحاطة بهذه الجراثيم وقطع الهيفات ، مما يسمى بالبلعمة الدموية phagocytosis والتكيس وتكوين الأجسام الحبيبية .

وتتم البلعمة الدموية – عادة – للجراثيم الرعمية للفطر *Beauveria bassiana* فى فتـرة قصيرة جـدا من العدوى ، تتراوح بين ٣٢ – ٤٥ دقيقـة ، أمـا إذا وجـدت بعض الهيفات الفطـرية ، فـإن خـلايا الـدم تنتشر علـى طـول هـذه الـهيفات وتغطيها ؛ حيث تلتف هذه الهيفات على نفسها خلال ٣ – ٤ ساعات وتتكيـس مكونـة حوصلة (كبسولة) .

وفى بدايـة إصـابة الحشـرة بهيفـات الفطـر الممرض ، يزداد عدد خلايا الدم الابتلاعيـة (الأكولـة) phagocytes وخلايـا الـدم ذات الأنويـة الكبـيرة macronucleocytes ، ولكن بعد فترة يقل عدد خلايا الدم الابتلاعية ، ثم تختفى بعـد ذلك .

ب – الأعراض الخارجية للإصابة :

يعتبر ظهور الميسليوم الفطرى والجراثيم – سواء على سطح الحشرة من الخارج ، أم داخلها – أكثر مظاهر إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة شيوعا . وعـادة مـا تتوقف الحشرة المصابة بالفطر عن التغذية ، وتفقد اتزانها ، وتقل حركتـها ، وعندمـا تخترق هذه الهيفات جدار جسم العائل ، تظهر عليه بقع داكنة اللـون ، ناتجـه عـن ترسيب صبغة الميلانين عند مواقع الاختراق . وفى المراحل المتأخرة من الإصابـة ، تسكن الحشرة وتدخل فى غيبوبة قصيرة ، ثم تموت بعد ذلك مباشرة ، ويغطى جسمها هيفات الفطر وجراثيمه .

ويعتمد – عادة – على طبيعة نمو ميسليوم الفطر ولون جراثيمـه للتعـرف علـى المرض ، كما تدل طبيعة وجود الحشرة بعد موتها على نوع المرض ؛ فمثلا تلتصـق حشرات الذباب والجراد والنطاطات على السطح الذى تمـوت عليـه عنـد إصابتـها بالفطريات الممرضة من الجنس *Entomophthora* . كما قد تكـون الحشـرة الميتـة مفرغة من الداخل أو متصلبة أو متجبنة .

وعندما ينمو ميسليوم الفطر الممرض داخل الحشرة يحلل محتواياتـها الداخليـة ، ولايتبقى منها سوى هيكلها الشيتينـى الخـارجى ؛ ممـا يعطيـها شكـل " الموميـاء mummified " . وقد ينمو المسليوم الفطرى حول الهيكل الخـارجى للحشرة الميتـة ، ثم يـكون كتلة حجرية صلبة من الهيفات (sclerotial mass of hyphal bodies) .

٣ – قابلية الحشرات للإصابة بالفطريات :

أ – تأثير عملية الانسلاخ :

إذا تمت العدوى عن طريق تغذية اليرقات على غذاء يحتوى على الفطر الممرض ، فإن ميسليوم الفطر ينمو على صورة جراثيم برعمية . وعندما تبدأ اليرقة فى الانسلاخ، تكون هذه الجراثيم البرعمية قد وصلت إلى منطقة بين طبقتى الجليد القديمة والجديدة ، وتنتشر هذه الجراثيم فى سائل الانسلاخ ، حتى تصل إلى الجليد الجديد ، وتلتصق بسطحه عن طريق تراكيب تشبه أعضاء الالتصاق .

وعندما تشتد العدوى ، يتشوه جليد اليرقة ، ويقل سمكه ، وربما لا يتكون جليد جديد على الإطلاق وتفشل اليرقات فى الانسلاخ . أما إن كانت العدوى متوسطة ، فقد تنجح اليرقة فى الانسلاخ ، ولكن تشاهد مساحات على الجليد الجديد مصابة بالفطر الممرض ومغطاة بالميسليوم .

وأحيانا تحدث إصابة ثانوية بالبكتيريا فى هذه المناطق المصابة بالفطر على جليد اليرقة ؛ حيث تغزو هذه البكتيريا تجويف دم العائل ، وهذا يؤدى إلى حالة من التسمم البكتيرى . وتظهر على اليرقات – فى مثل هذه الحالات – مساحات ذات لون داكن راجع إلى ترسيب صبغة الميلانين نتيجة نشاط إنزيم الأكسدة phenoloxidase .

وفى بعض الحالات يؤدى انسلاخ اليرقات إلى الشفاء من المرض ، وهذا ينحصر فى حالة الإصابة الفطرية السطحية على طبقة الجليد الخارجية ، دون أن يخترقها هيفات الفطر الممرض إلى داخل جسم اليرقة .

ب – قابلية الأطوار الحشرية المختلفة للإصابة :

لا يشترط أن تبتلع الحشرة اللقاح الفطرى حتى تصاب بالمرض ، بعكس الحال فى اللقاحات البكتيرية والفيروسية التى تصيب الحشرة عندما تصل إلى داخل قناتها الهضمية . ويرجع ذلك إلى قدرة الهيفات الفطرية على اختراق جدار الحشرة ، حتى لو كان هذا الجدار سليما .

وفى بعض الحالات ، تقل قابلية الأطوار الانسلاخية الأخيرة لليرقة للعدوى

بالفطر الممرض ؛ مثال ذلك الطوران الثالث والرابع ليرقة الحشرة النصف قياسة *Trichoplusia ni* ؛ حيث تقل قابليتها للإصابة بالفطر *Nomuraea rileyi* المسبب لمرض المسكاردين . وتظهر هذه الظاهرة – أيضا – فى يرقات بعض أنواع الباعوض؛ مثل : *Cutex restuans* ، و *C. qatnquefasciatus* و *Acedes aegypti* عند إصابتها بالفطر الممرض *Lagenidium giganteum* .

ومن ناحية أخرى ، تقل قابلية الحشرات ذات الأطوار اليرقية الطويلة العمر – مثل خنافس الجعال التى توجد يرقاتها فى التربة – بالفطر *Beauveria brongniarii* ؛ بينما لوحظ أن اليرقات المتوسطة العمر تكون أكثر قابلية للعدوى ، ولاتصاب الحشرات الكاملة بالفطر الممرض .

ويعتبر بيض الحشرات أقل قابلية للعدوى بالفطريات الممرضة من الأطوار اليرقية ؛ فلقد لوحظ إصابة بيض حشرة *Leptinotarsa decemlineata* بالفطر *B. bassiana* بنسبة قليلة . وفى دراسة باستعمال الميكروسكوب الإليكترونى ، وجد أن بيض الافتين *Spodoptera littoralis* و *Mamestra brassicae* يصاب بالفطرين *Paecilomyces fumosoroseus* و *Nomuraea rileyi* .

كما أظهر الفحص المجهرى أن هذه الفطريات الممرضة إما أن تخترق جدار البيضة قبل فقسها وتصيب اليرقات قبل خروجها ، وإما أن تظل هذه الفطريات على جدار البيضة ولا تخترقها . وبعد فقس البيض ، تخرج اليرقات سليمة ، ولكنها تتغذى على جدار البيض الملوث بالفطر الممرض ؛ فتصاب بالمرض .

جـ – تأثير إصابة الحشرات بممرضات مختلفة :

قد تصاب الحشرات ببكتيريا وفيروسات ممرضة ، بجانب إصابتها بالفطريات ؛ مما يؤدى إلى ظهور تفاعلات قد تزيد من القدرة المرضية synergism أو تقلل منها وتضادها antagonism .

وعلى سبيل المثال ؛ إذا أصيبت حشرة *Malacosoma neusteria* بالفطر *B. bassiana* ، فإن ذلك يزيد قابليتها للإصابة بالفيروس ، كما تؤدى إصابة بعض أنواع الحشرات حرشيفية الأجنحة ببكتيريا *Bacillus thuringiensis galleriae* إلى زيادة إصابتها بالفطريات الممرضة المسببة لمرض المسكاردين .

٤ – العوامل المؤثرة على إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة :

أ – الحرارة :

من المعروف أن لكل فطر مدى حراريا ينمو فيه ويكون أكثر قدرة علـــى عــدوى الحشرات ؛ فمثلا يعتبر المدى الحرارى الملائم لإصابة الحشرات بيـــن ٢٠ – ٣٠ م . وتختلف درجة الحرارة المثلى من فطر الى اخر ؛ فهى فى حالة الفطر *B. bassiana* ٢٧ م ، بينما فى الفطر *Spicaria farinosa* ٢٤ م .

ب – الرطوبة :

يحتاج الفطر – خاصة جراثيمه – إلى رطوبة نسبية عالية لإصابـــة الحشـــرات ؛ حيث يجب أن تنبت هذه الجراثيم أولا ، حتى تستطيع أنابيب إنباتها عـــدوى العـــائل . فمثلا وجد أن أعلى معدل لإنبات جراثيم فطر *B. bassiana* عند نقطة الندى . ويتـــأثر النمو الميسليومى برطوبة الجـــو ؛ حيث يزداد نموه وتفرعه على جسم الحشـــرة بعـــد موتها ، كما لا تتكون الجراثيم إذا انخفضت الرطوبة الجوية إلى حد الجفاف .

خامسا ـ أهم الفطريات الممرضة للحشرات :

١ – أمراض الحضنة الفطرية التى تصيب حشرات نحل العسل mycoses :

ينتشر هذا المرض ببطء على الحضنة بمختلف اعمارها ؛ حيث يتسبب فى مـــوت بعض اليرقات ، التى تتخلص منها شغالات النحل أولا بأول .

ويتسبب المرض عن بعض الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* ؛ مثل *A. flavus* ، و *A. nidulans* ، و *A. fumigatus* ؛ حيث يلائمها الجو الحار الرطب .

وتتم عدوى اليرقات خلال غذائها على غذاءٍ ملوثٍ بكونيديات الفطر ، وقـــد تنتقـــل هذه الكونيديات عن طريق الرياح والمتطفلات والمفترسات التى تهاجم خلية النحـــل . وتنبت هذه الكونيديات بسرعةٍ داخل القناة الهضمية ، وتخـــترق الأنســـجة . وتتمـــيز اليرقات المصابة باللون الأبيض الداكن ، وعند موتها تتصلب وينمو الميسليوم مخترقـــا جليد اليرقة من حلقات خلف الرأس ، ثم ينتشر على سطح اليرقة الميتة ، وبعـــد ذلـــك

تظهر عليها الكونيديات ذات اللون البنى الفاتح أو الأخضر المصفر . وتمـوت معظـم اليرقات المصابة قبل تحولها إلى طور العذراء .

وبعد بضعة أيام من الإصابة تشاهد اليرقة متحجرة ؛ لذلك يطلق على هذا المـرض اسم " الحضنة الحجرية stone brood " ، بينما يطلق على اليرقة الميتة المحنطة اسم " المومياء mummy " .

ويصيب هذا الفطر – أيضا – الحشرات الكاملة بصورة مماثلة لمـا يحـدث فـى اليرقات ؛ حيث يسبب عدم قدرة شغالات النحل على الطيران ، وتشاهد زاحفة . وقـد يرجع ذلك إلى المواد السامة (التوكسينات toxins) التى يفرزها الفطر داخـل جسـم الحشرة . وقد تصاب الذكور والملكات الحاضنة بهذا المـرض . ومـن الغريـب أن حشرات النحل المريضة بهذا المرض تبتعد عن الخلية وتذهب لتموت خارجها .

وللوقاية من هذا المرض ، يراعى تهوية الخلايا جيدا لحفظ أقراص الحضنة جافة ، إلا أنه من المتعذر حماية الخلية من كونيديات الفطر التى قـد تحملها شغالات النحـل من الهواء الخارجى .

وتصاب حضنة نحل العسل – أيضا – بفطر *Ascophaer apis* المسبب لمـرض الحضنة الطباشيرية chalk brood ؛ حيث تصاب حضنة الذكور أكـثر مـن حضنـة الشغالات .

ويسبب الفطر موت اليرقات بعد تغطية العيون السداسية بحوالى يوميـن ؛ حيـث تنتفخ اليرقات ، ثم تنكمش وتتصلب ، ويصبح شكلـها ولونـها طباشيريـا ، وتمـوت اليرقات تدريجيا .

وعندما تموت اليرقات يضمر جسمها ويتصلب ؛ متحولا إلى كتلة بيضاء اللـون ، مع ظهور خطوط داكنة على ظهرها ، وهى عبارة عن كونيديات الفطر متكونة بصورة خاصة على مواضع اتصال حلقات جسم اليرقة. وتتحول الكتلة البيضاء – بعد ذلـك – إلى مسحوق طباشيري ناعم .

ويلائم الجو الحار الرطب نمو الفطر الممرض ؛ لذلك يظهر المرض فـى فصـل الربيع ؛ ولذلك يجب التخلص من الأقراص التى تظهر بها العدوى ، مع تطهير الخلايا بالماء الدافئ والفورمالين .

٣ – مرض المسكردين فى ديدان الحرير Muscardin :

يحدث هذا المرض بسبب عديد من الفطريات الممرضة ، التى تختلف فـــى شكـــل أعراضها على عوائلها المصابة :

أ – مرض المسكردين الأبيض :

يسببه الفطر *Beauveria bassiana* ؛ حيث تتكون على جسم اليرقة بقـــع مبللـــة باهتة.

ب – مرض المسكردين الأخضر :

يسببه الفطر *Spicaria pracina* ؛ حيث تتكون بقع كبيرة جافة سوداء .

جـ – مرض المسكردين الأصفر :

يسببه الفطر *Isaria farinosa* ؛ حيث تتكون على الجسم بقع سوداء تشبه رأس الدبوس ، بينما يكبر حجمها على الحلقات التنفسية لليرقة المصابة .

د – مرض المسكردين الأسود :

يسببه الفطر *Oospora destructor* ؛ حيث تظهر بقع مبللة باهتة ذات حـــواف سوداء .

هـ – مرض مسكردين الأسبرجلس :

يسببه الفطر *A. oryzae* و *Aspergillus flavus* . ولا تتكون بقع واضحة على جسم اليرقة المصابة ، ولكن تصبح حلقات الجسم لامعة .

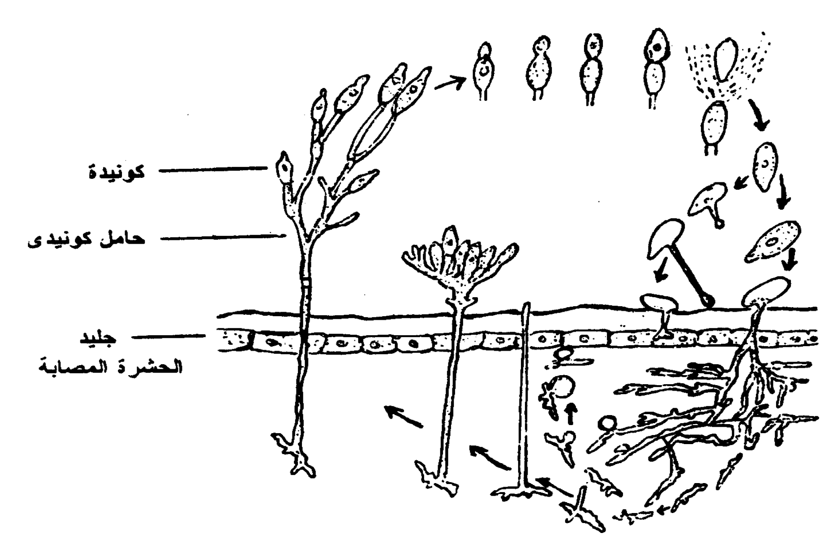
وتصاب يرقات ديدان الحرير بكونيديات الفطريات السابقة ، وخاصة عند ارتفـــاع الحرارة والرطوبة داخل حجرات التربية . وتنبت الكونيديات فى خـــلال يوميـــن مـــن ملامستها لجليد اليرقة ؛ حيث يتكون أنبوب إنبات يخترق حلقات الجسم محللا شيتيـــن الجليد . وتنمو هيفات الفطر بسرعة مخترقة الأنسجة ؛ حتى تصل إلـــى تجويـــف دم اليرقة ، ويزداد نموها ؛ مما يضعف الدورة الدموية ، ويؤدى إلى شلل اليرقـــة ، ثـــم موتها .

وفى بعض الأحيان تتم العدوى عن طريق الثغور التنفسية لليرقات أو عن طريـــق

الجهاز الهضمى ، وتنمو الهيفات الفطرية محللة جسم اليرقة من الداخل ؛ مما يؤدى إلى موتها .

وقد تصاب اليرقات ببعض البكتيريا كإصابة ثانوية ، وخاصة الجنس *Serratia* ؛ مما يؤدى إلى تصلب جسم الحشرة واحمرار لونها .

وتنتقل العدوى – عادة – من اليرقات المصابة إلى السليمة عن طريق الملامسة ، كما تموت الفراشات المصابة بسرعة . وقد يتلوث البيض بكونيديات الفطر ، وتنتج عنه يرقات مصابة ؛ لذلك يجب مراعاة تطهير البيض قبل الفقس . ويراعى جمع اليرقات المصابة والميتة وحرقها ، مع العناية بتنظيف وتطهير الأدوات المستعملة فى التربية .



شكل (٩ – ٦٠) : رسم يوضح دورة حياة الفطر *Beauvaria bassiana* المسبب لمرض المسكردين لديدان الحرير .

٣ – الفطر القاتل للذباب *Entomophthora*:

يعنى الاسم العلمى للجنس الفطرى *Entomophthora* مدمر الحشرات (insect-destroyer) ، حيث يضم حوالى ١٥٠ نوعا معروفا ، معظمها يتطفل على الحشرات . وتظهر هذه الفطريات قدرات خاصة فى اصابة عائلها الحشرى ، بينما يهاجم البعض الاخر مدى واسعا من العوائل الحشرية المختلفة .

وهناك عدد من الأنواع التابعة لهذا الجنس يمكن انماؤها على بيئات صناعية ؛ لعل اشهرها الفطر *E. coronata* الذى يتطفل على حشرات المن Aphids والنمل الأبيض termites ، كما أنها مترممات على المخلفات العضوية النباتية .

وتحدث إصابة النمل الأبيض بهذا الفطر عن طريق اختراق انابيب الإنبات من خلال الهيكل الخارجى أو عن طريق المرئ oesophagus ؛ حيث تدخل جراثيم الفطر، ثم تبدأ فى الإنبات بعد ذلك .

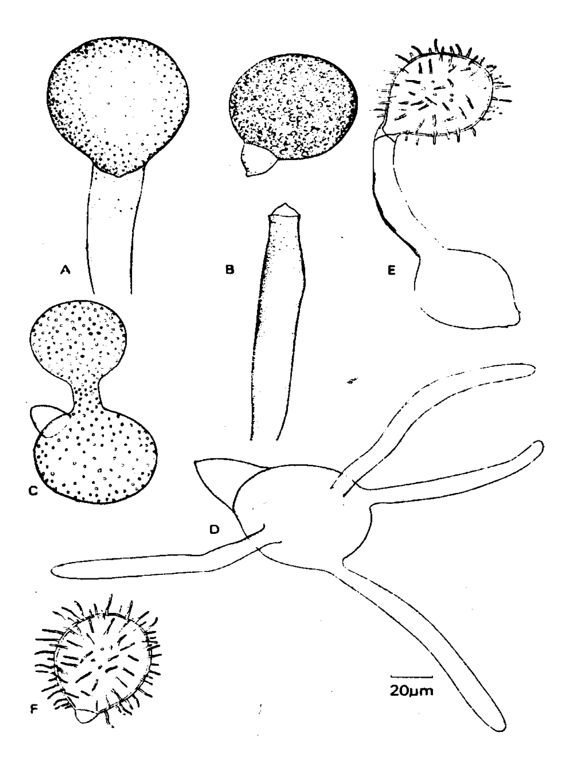
ولقد أمكن عزل توكسينات فطرية mycotoxins ، وهى غالبا ذات طبيعة بروتينية proteinaceous من مترشحات البيئة التى ينمو عليها الفطر *E. coronata* (Prasertphon & Tanada, 1969) . ويسبب هذا التوكسين تدهور خلايا الدم والموت المبكر فى عديد من العوائل الحشرية .

وعند إنماء الفطر فى المعمل على بيئات غذائية، فانه يكون ميسليوما مقسما سريع النمو ، يكون خلال ٢ – ٣ أيام حوامل كونيدية تتجه ناحية الضوء (شكل ٩ – ٦١)؛ حيث تقذف كونيدياتها بقوة على غطاء الطبق البترى من الداخل . ويتم إطلاق الكونيديات من على حواملها سواء فى الضوء أم الظلام ، إلا أن الضوء يشجع ذلك .

والكونيده الطرفية تكون منفصلة عن الحامل الكونيدى عن طريق عويمد نصف كروى hemispherical columella ؛ حيث يبرز ناحية الكونيدة . ويتميز العويمد بأنه مزدوج الجدار ، وتقذف الكونيدة إلى مسافة ٤ سنتيمترات من قمة الحامل الكونيدى ، ويتم ذلك عن طريق انتفاخ جدار الكونيدة الذى كان فى البداية منضغطا للداخل فوق العويمد .

وبعد تحرر الكونيدة ، يشاهد هذا الجزء من جدار الكونيدة بارزا إلى الخارج مشابها لشكل الحليمة الدورقية . ويتوقف سلوك الكونيدة خلال انباتها على رقم حموضة

الوسط ، والضوء المتاح ، وأيضا مدى توفر العناصر الغذائية . فعندما تسقط الكونيدة على بيئة غنية بعناصرها الغذائية ، فإنها تنبت معطية أنبوب إنبات ، ولكن إذا كانت البيئة فقيرة غذائيا (مثال ذلك الآجار المائى wateragar) فإن الكونيدة تنبت مكونة حاملا كونيديا ثانويا يحمل كونيدة صغيرة .



شكل (٩ - ٦١) : الفطر *Entomophthora coronata* .

A – الحامل الكونيدى يحمل كونيدة ملساء .
B – قمة الحامل الكونيدى وكونيدة متحررة .
C – إنبات الكونيدة لإنتاج كونيدة ثانوية .
D – إنبات الكونيدة وتكوين عديد من أنابيب الإنبات .
E – إنبات الكونيدة لتكوين كونيدة شوكية .
F – كونيدة شوكية متحررة .

ويتكون الحامل الكونيدى الثانوى من الجانب المعرض للضوء للكونيدة الأولية ، ويتجه الحامل الكونيدى المتكون ناحية الضوء بصورة تقريبية .

وبالإضافة إلى تكوين الكونيديات الكروية الملساء ، تتكون كونيديات أخرى شوكية ، يبدو أنها تتكون بطريقة مشابهة لتكوين الكونيديات الملساء . وقد تظهر هذه الكونيديات الشوكية ككونيديات ثانوية ناتجة عن إنبات الكونيديات الملساء .

ويمكن نمو الفطر *E. coronata* على بيئة صناعية تحتوى على أملاح معدنية وهيدروكلوريد الأرجينين argenine hydrochloride وجلوكوز ، ولكن إضافة الببتون يزيد من سرعة النمو ، ويبدو أن الفطر يكون احتياجاته من الفيتامينات بنفسه ، ولايحتاج إلى إضافة أى منها فى البيئة الغذائية .

ومن الأنواع الأخرى المعروفة ، الفطر *E. muscae* ؛ وهو الفطر الذى يتطفل على الذبابة المنزلية وغيرها من الحشرات ، وخاصة فى الجو الرطب . ويمكن مصادفة الحشرات الميتة بفعل هذا الفطر ملتصقة على زجاج النوافذ التى لم يتم غسلها لفترة طويلة ، وذلك فى حجرات الطابق العلوى والجاراجات ومدرجات الجامعات .

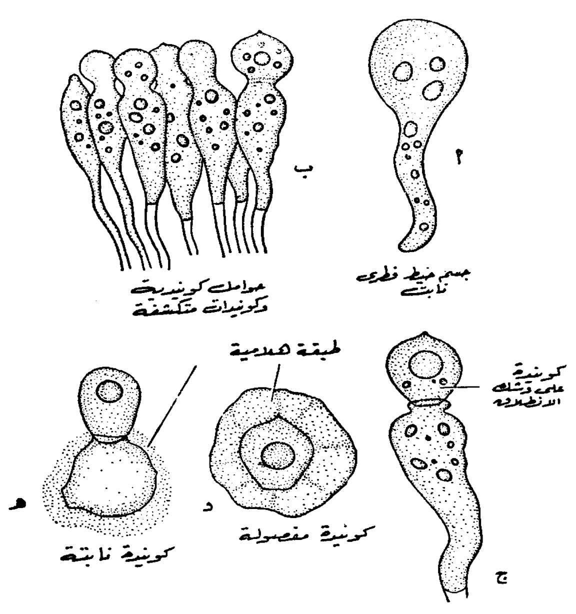


شكل (٩ - ٦٢) : ذبابة ميتة ملتصقة بزجاج النافذة ، ومحاطة بالكونيديات المتحررة للفطر القاتل للذباب *Entomophthora muscae* .

وعندما يمعن النظر فى مثل هذه الذبابات الميتة ، فانه سوف يلاحظ وجود منطقـــة واسعة بيضاء اللون – تشبه الهالة – تحيط بالذبابة ، قطرها حوالى سنتيمترين اثنيـن ، عبارة عن كونيديات الفطر الممرض التى قذفتها الحوامل الكونيدية .

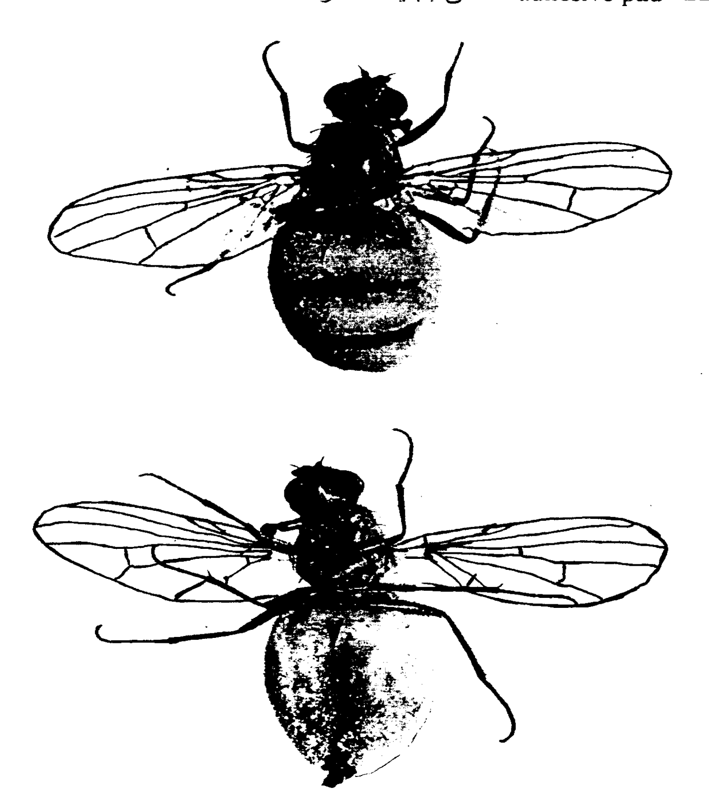
وعند فحص الذباب الميت ، يلاحظ انتفاخ البطن ، مع بروز خصل بيضاء اللـــون عبارة عن الحوامل الكونيديـــة للفطر الممرض خارجـــة من بين عقل الهيكل الخارجى (شكل ٩ – ٦٤) .

والحوامل الكونيديـــة غير متفـــرعة ، عديـــدة الأنوية ، تنشأ من هيفات الفطر غير المقسمة التى تملأ جسم الذبابة الميتة من الداخل . وتحمل هذه الحوامل كونيديات عديدة الأنوية multinucleate (شكل ٩ – ٦٥) .

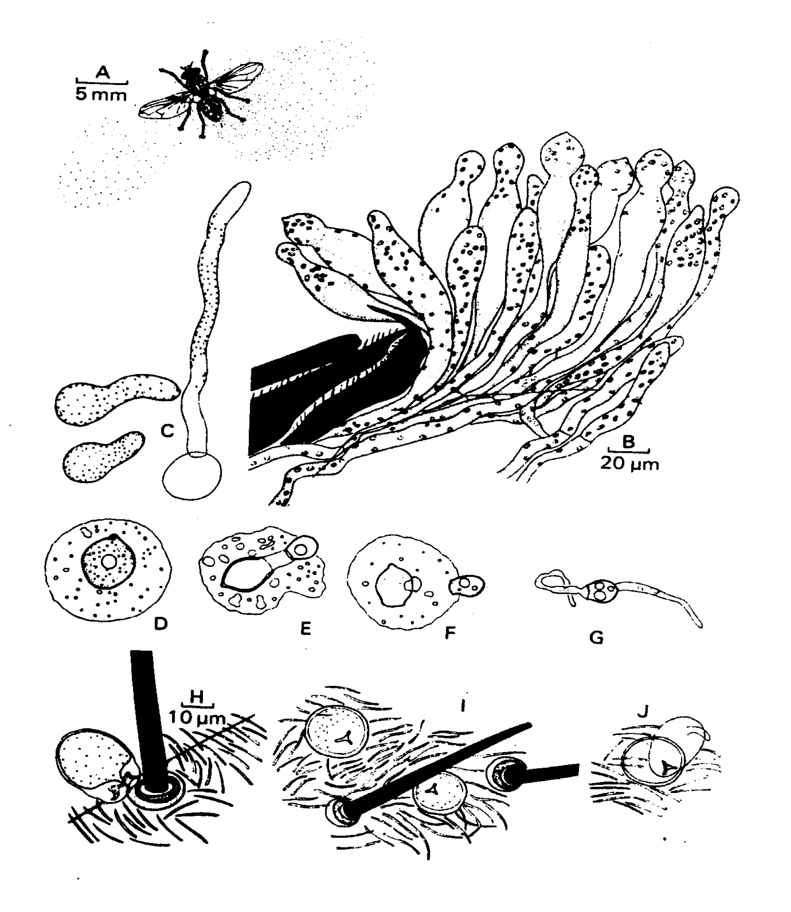


شكل (٩ – ٦٣) : الفطر *Entomophthora muscae* **. مراحل تكويـــن الحوامـــل الكونيديـــة وكونيديات الفطر .**

ويتم قذف الكونيديات عن طريق اندفاع السيتوبلازم للأمام مباشرة من الحوامل الكونيدية المرنة ، ويلاحظ أن الكونيديات المتحررة تحمل قطرة من السيتوبلازم حولها . وقد يعمل هذا الغلاف السيتوبلازمى كعامل واق من الجفاف . فإذا اصطدمت الكونيدة بجسم ذبابة ، فإنها تلتصق بها مكونة عضو التصاق appressorium ، أو وسادة لاصقة adhesive pad تلتصق بجليد الحشرة .



شكل (٩ - ٦٤) : منظر ظهرى وآخر بطنى لحشرة ذبابة ميتة بفعل الفطر القاتل للذباب *Entomophthora muscae* ، توضح تجرثم الفطر الممرض وخروج حوامله من بين عقل الهيكل الخارجى للبطن المنتفخة .


A
5 mm
B
20 μm
C
D
E
F
G
H
10 μm
I
J

شكل (٩ – ٦٥) : الفطر قاتل الذباب *Entomophthora muscae* .

A – ذبابة منزلية ميتة ملتصقة بزجاج نافذة ، ومحاطة بهالة بيضاء من كونيديات الفطر الممرض .

B – قطاع طولى فى ذبابة منزلية مصابة ؛ يوضح طبقة الحوامل الكونيدية غير المتفرعة تنبثق من بين فقرات هيكل الحشرة الخارجى . ويلاحظ أن الحوامل الكونيدية عديدة الأنوية .

C – الأجسام الهيفية من جسم حشرة ميتة حديثا . ويلاحظ نمو هذه الأجسام مكونة حوامل كونيدية .

D – كونيدة بعد قذفها مباشرة من قمة الحامل الكونيدى ، محاطة بجزء من السيتوبلازم من الحامل الكونيدى .

F-E – مراحل إنبات الكونيدية الأولية لتكوين كونيديات ثانوية خلال ١٢ ساعة من تحررها . لاحظ أن هناك جدارا يفصل الكونيدة الثانوية فى E وتمام تكوين الجدار لقذف الكونيدة الثانوية .

G – إنبات الكونيدة الثانوية بواسطة تكوين أنبوبتى إنبات .

H – اتصال الكونيدة الأولية على جدار حشرة الذباب ، لاحظ عضو الالتصاق السميك ونقطة الاختراق الضيقة .

I – كونيدتان أوليتان متعلقتان بسطح الحشرة ، مخترقتان الجسم من خلال تشقق ثلاثى .

J – منظر لشكل الاختراق خلال سطح الحشرة . لاحظ تكوين الفطر لانتفاخ يشبه المثانة داخل الشق الثلاثى فى سطح الحشرة .

G-B = نفس التكبير .

H-J = نفس التكبير .

ويخترق أنبوب الإنبات جليد الحشرة بالضغط المباشر ؛ حيث يشاهد بعد ذلك بعدة ساعات تشقق الجليد أسفل عضو الالتصاق ، ويشاهد تكوين مثانة فطرية تنمو فيها فريعات هيفية تنمو متجهة إلى الأنسجة الدهنية داخل جسم الذبابة المصابة وتحللها . عندئذ تتفتت الهيفات الفطرية إلى خلايا كروية يطلق عليها اسم الأجسام الهيفية hyphal bodies ؛ حيث يحملها تيار الدم إلى جميع أجزاء الجسم (شكل ٩ – ٦٥ – c) .

وبعد حوالى أسبوع من العدوى ، تموت حشرات الذباب ، ولكن قبيل موتها تصاب بحالة من القلق ، وتعجز عن الطيران ، فتزحف متسلقة الأماكن العالية – قدر استطاعتها – مثل قمة سيقان النباتات والحشائش ، أو تلتصق بزجاج النوافذ ناحية أكثر الأماكن إضاءة ؛ حيث تلصق نفسها بالسطح الأملس بواسطة خرطومها proboscis .

عندئذ تنمو الأجسام الهيفية مكونة هيفات غير مقسمة ، تخترق المنطقة بين العقل البطنية ، وتنمو مكونة حوامل كونيدية . وتستطيع الكونيديات الأولية البقاء حية لفترة ٣ – ٥ أيام ، فإذا فشلت خلال هذه المدة فى اختراق ذبابة ، فإن هذه الكونيديات الأولية قد تكون كونيديات ثانوية خلال ١٢ ساعة . وتتكون هذه الكونيديات الثانوية على قمة حوامل كونيدية قصيرة ، وتقذف باليات مختلفة ، كما أنها قد تنبت بتكوين أنبوب إنبات أو بتكوين كونيديات من الدرجة الثالثة tertiary conidia .

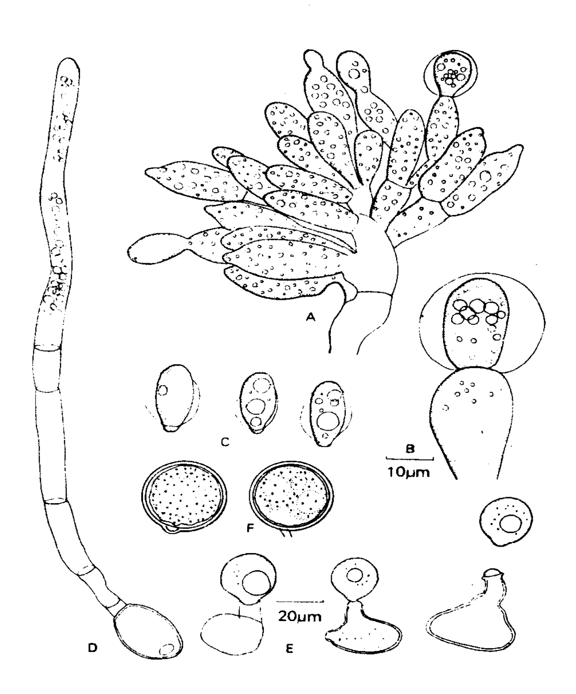
وتتكون داخل جسم الذبابة الميتة أجسام كروية عديدة الأنوية بطريقة لا جنسية ، ومنها تتكرر العدوى كل عام ؛ حيث تشجعها على الإنبات بعض البكتيريا المحللة للشيتين .

ويمكن تنمية فطر *E. muscae* على بيئة مستخلص الأنسجة الحيوانية التى تعقم دون تسخين (بالترشيح أو بالكيمياويات) . ويشجع نمو هذا الفطر وجود الدهون الحيوانية والجلوكوزامين ، وهو أحد نواتج تحليل الشيتين . وأمكن – أيضا – إنماء الفطر على بيئة محتوية على مستخلص حبوب القمح المضاف إليها ببتون ومستخلص الخميرة والجلسرين .



شكل (٩ – ٦٦) : فطر *Entomophthora americana* .
حشرة ذبابة اللحم ميتة وملتصقة بورقة نبات . لاحظ الحزم الثلاث للحوامل الكونيدية التى تخترق المنطقة بين الفقرات البطنية والكونيديا المبعثرة على سطح الورقة .

وهناك أنواع أخرى من الجنس *Entomophthora* تتميز بأن حواملـــها الكونيديـــة متفرعة ؛ مثال ذلك الفطر *E. americana* (شكل ٩ – ٦٧) ، وهو مـــن الفطريـــات الشائعة على ذباب اللحم blow fly فى فصل الخريف ، وخاصة حول جثث الحيوانات الميتة والقرون النتنة لفطريات لعيش الغراب stinkhorns . وقد تنخفض عشيرة هـــذا الذباب فى الجو الرطب ؛ نتيجة إصابتها بالفطر *E. americana* .

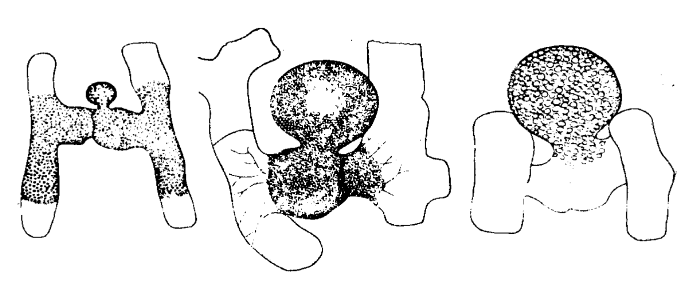


شكل (٩ – ٦٧) : الفطر *Entomophthora americana* الذى يصيب حشـــرة ذبابة اللحم.
A = حامل كونيدى متفرع .
B = حامل كونيدى فردى وكونيدة .
C = كونيدة بعد تحررها .
D = كونيدة نابتة منتجة أنبوب إنبات .
E = كونيـــدة نابتـــة ومنتجـــة كونيدة ثانوية .
F = أجـــسام كروية ساكنة من ذبابـــة ميتة .

وتلتصق حشرات ذباب اللحم الميتة – عادة – على سطح النباتات بواسطة هيفات خيطية تشبه الجذور rhizoid-like hyphae . وتتكون الحوامل الكونيدية على شكل بثرات صفراء اللون بين الفقرات البطنية ؛ حيث تحمل قممها المتفرعة كونيديات الفطر.

وجدار الكونيدة مزدوج ، والجداران منفصلان كل منهما عن الآخر بسائل (شكل ٩ – ٦٧ – B) . وتقذف هذه الكونيديات إلى مسافة عدة سنتيمترات بعيدا عن العائل ، وعند إنبات هذه الكونيديات فإنها إما أن تعطى أنابيب إنبات ، وإما أن تتكون منها كونيديات ثانوية ؛ حيث يتم قذفها بطريقة العويمد columella السابق شرحها . وفى الجسم الجاف لحشرة الذبابة الميتة ، تتكون عديد من الجراثيم الساكنة الشفافة الملساء ذات الجدار السميك .

وفى بعض الأنواع التابعة للجنس *Entomophthora* (مثال لذلك *E. sepulchralius*) يعتقد أن الجراثيم الساكنة resting spores – التى يطلق عليها اسم الجراثيم الزيجية zygospores – يتم تكوينها عن طريق عديد من الاتحادات بين الأجسام الهيفية (شكل ٩ – ٦٨) . ويعتقد أن الفطر *E. americana* يكون جراثيم زيجية باندماج الأجسام الهيفية .



شكل (٩ – ٦٨) : الفطر *Entomophthora sepulchralis* **. ثلاث مراحل فى تكوين الجرثومة الزيجية (من اليسار إلى اليمين) . جسمان هيفيان يتحدان معا ، وتظهر جرثومة زيجية كبرعم من الاتحاد الخلوى .**

والجراثيم الساكنة فى عديد من الفطريات المتطفلة التابعة للجنس *Entomophthora* لا يمكن إنباتها فى المعمل ، ولكنها تظل حية لمدة قد تصل إلى سنتين . وفى الفطر

E. virulenta ينبت حوالى ٢ – ٥٪ من الجراثيم الساكنة (الجراثيم الزيجية) مباشرة بعد تكوينها ؛ حيث يتم إنباتها عن طريق غمرها فى الماء دون أية معاملة أخرى خاصة .

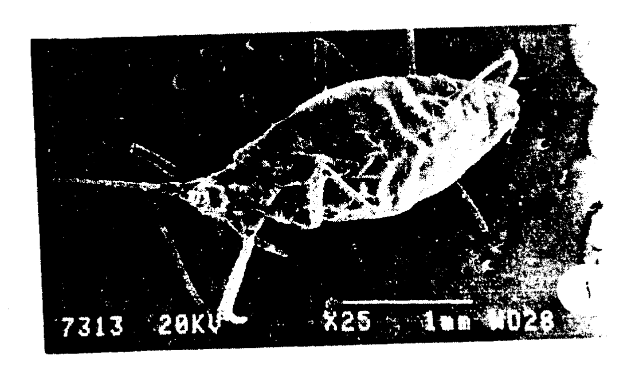
ولعله من الأهمية بمكان استخدام الأنواع المختلفة للجنس *Entomophthora* فى المكافحة الحيوية للآفات الحشرية ، وخاصة أن عديدا من هذه الأنواع أمكن تنميتها . وإكثارها على بيئات غذائية فى المعمل (Gustafsson, 1969) ، بينما يحتاج البعض الآخر إلى ظروف معقدة ولا ينمو بسهولة على البيئات الصناعية ، ولكن يمكن إنماؤه على مواد حيوانية ؛ مثل اللحم ، والسمك ، وصفار البيض ، واللبن ، أو على بيئة مزارع الأنسجة tissue-culture medium مضافا إليها البيومين سيرم البوفين bovine serum albumen .

وعلى بيئة مزارع الأنسجة ، يمكن للفطر *E. egressa* الذى يتطفل على دودة برعم الأشجار الصنوبرية spruce budworm أن ينمو ويتضاعف فى صورة من البروتوبلاست عديم الجدر الخلوية wall-less protoplast . كما أمكن الحصول على بروتوبلاست مشابه من نفس الفطر عند إنمائه فى الأوعية الدموية لليرقات المصابة (Tyrell, 1977) .

٤ – الفطريات المتطفلة على حشرات المن :

تصاب حشرات المن طبيعيا ببعض الفطريات الممرضة التابعة لرتبة Entomophthorales ؛ حيث وجد (Lopez - L`lorca (1993 أن بعض الحشرات التى تم جمعها من حقول خس بإسبانيا كانت بطيئة الحركة ، وعند موتها ظهرت محاطة بمنطقة بيضاء اللون من ميسليوم وكونيديات فطرية .

وعند الفحص الميكروسكوبى ، ظهر أن الفطر المسبب هو *Erynia neoaphidis* ؛ وهو مرادف للفطر *Entomophthora aphidis* أو الفطر *Pondora neoaphidis* . وقد تمت دراسة عدوى المن بهذا الفطر الممرض باستعمال الميكروسكوب الإليكترونى الماسح Scanning Electon Microscope (SEM) ؛ وذلك بغرض تتبع مظاهر العدوى الخارجية عن طريق فحص الحشرات المصابة فى مراحل مختلفة من تطور المرض .





شكل (٩ – ٦٩) : مظاهر إصابة حشرات المن بالفطر *Erynia neoaphidis* .
(عن Lopez - L`lorca, 1993)

أ : منظر عام لحشرة من غير مصابة .

ب : حشرة من مصابة بالفطر *E. neoaphidis* توضح وجود أشباه الجذور rhizoides ، بينما لم يظهر بعد تكوين حوامل كونيدية وكونيديات .





تابع شكل (٩ - ٦٩) :

جـ : منظر مكبر للشكل السابق ، يوضح تكوين أشباه الجذور عند نهاية منطقة بطن الحشرة المصابة .

د : تحلل جليد حشرة المن المصابة بالفطر وخروج الحوامل الكونيدية من المناطق المتحللة .



تابع شكل (٩ – ٦٩) :

هـ : منظر مكبر للشكل السابق ، يوضح تكوين الحوامل الكونيدية والكونيديات الأولية المتكونة عليه فى مراحل مختلفة من التكوين .

و : حشرة من فى مرحلة متقدمة من الإصابة ؛ حيث يغطى جسمها الحوامل الكونيدية للفطر الممرض .



تابع شكل (٦٩ – ٩) :

ز : منظر مكبـر للحامل الكونيدى ، حاملا كونيديات ناضجة بيضاويـة الشكل .

حـ : كونيدة للفطر *E. neoaphidis* نابتة على جليد حشـرة المـن ، لاحظ وجود عضو التصاق (مشار إليه بالسهم) ملتصق بسـطح جليد الحشرة .

ولقد دلت نتائج هذه الدراسة على تكوين أشباه جذور (شكل ٩ - ٦٩ - ب ، جـ) ناتجة من الفطر والتى قد تكون وظيفتها تثبيت حشرة المن على سطح النبات واعاقة حركتها . وبعد هذه المرحلة تبدأ الحشرة فى الموت .

وبعد موت الحشرة تظهر عليها حوامل كونيدية تخرج من جسمها من خلال المناطق الضعيفة ؛ مكونة حزما وردية الشكل من الحوامل الكونيدية (شكل ٩ - ٦٩ - د ، هـ) . وبعد فترة تغطى هذه الحوامل جسم الحشرة كله (شكل ٩ - ٦٩ - و) ؛ حيث يتكون على هذه الحوامل كونيديات بيضاوية الشكل (شكل ٩ - ٦٩ - ز) ، تنطلق بقوة عند نضجها .

وتشاهد الكونيديات المتحررة على سطح حشرات المن ؛ حيث يبدأ بعضها فى الإنبات وتكوين أعضاء الالتصاق appressoria التى تعمل على توطيد الفطر الممرض وبداية العدوى (Magalhaes, 1990) .

وقد أوضحت نتائج هذه الدراسة أن إصابة حشرات المن بالفطر السابق كانت مبعثرة ، ويرجع ذلك إلى نقص سقوط الأمطار ؛ مما قلل من رطوبة الجو التى أثرت سلبيا على نمو الفطر الممرض . ومع ذلك فإنه فى المواسم الرطبة يزداد كثافة الفطر ؛ حيث أدى ذلك إلى تقليل حجم العشائر الحشرية للمن .

٥ - الفطريات الممرضة للحشرات والعناكب

تدرس الفطريات الممرضة للعناكب fungal pathogens of spiders عادة ضمن الفطريات الممرضة للحشرات entomopathogenic fungi ، حيث تشترك العناكب مع الحشرات فى بعض صفاتها الخارجية ، حيث إنها من شعبة مفصليات الأرجل Arthropoda مع اختلاف عدد هذه الأرجل فى الحشرات (ثلاثة أزواج من الأرجل hexapoda) عنه فى العناكب (أربعة أزواج من الأرجل octapoda) ، بالاضافة إلى تشابه السلوك الحيوى للفطريات الممرضة لهما .

ولقد ناقش عديد من الباحثين المصطلحات المستخدمة للإشارة إلى مثل هذه الفطريات الممرضة للعناكب ، مثال ذلك araneogenous fungi أو araneopathogenic fungi ، إلا أن ندرة الباحثين المشتغلين بعلم دراسة العناكب

جعل بعض المشتغلين بالفطريات الممرضة للحشرات Arachnilogists يهتمون أيضا بدراسة تلك الفطريات الممرضة للعناكب في entomopathogenists نفس الوقت .

وتدل المشاهدات والدراسات العملية على أن كثيرا من الفطريات الممرضة للحشرات يمكنها أن تسبب أضرارا للعناكب ، وذلك راجع إلى تشابه الشكل الخارجي لكل من الحشرات والعناكب . فعلى سبيل المثال يتشابه جليد العناكب لجليد الحشرات فى تركيبه وصفاته (Foe, 1982) ، إلا أن الجليد الخارجي الصلب الذى يميز الحشرات لا يوجد فى منطقة بطن العنكبوت ، مما يجعل هذه المنطقة سهلة الإصابة بالفطريات الممرضة بالمقارنة بباقى أجزاء الجسم .

وتعتبر منطقة البطن (abdominal region (opisthosoma فى العناكب هى أول منطقة تصاب بالفطريات الممرضة ، ويظهر عليها ميسليوم الفطر وتراكيبه الثمرية المختلفة . وتبدأ العدوى باختراق هيفات الفطر لمنطقة بطن العنكبوت ، ثم تنمو هذه النموات الفطرية داخل التجويف الدموى haemocoele على صورة خلايا متبرعمة تشبه الخميرة ، تنتج أثناء نموها مادة سامة (توكسين toxin) تؤدى إلى قتل العنكبوت المصاب .

ويتضح مما سبق ، أن طريقة إصابة العناكب بالفطريات الممرضة تشابه – إلى حد بعيد – إصابة هذه الفطريات الممرضة للحشرات (Samson et al., 1987) .

ويعتبر (Gray (1858 أول من وصف بعض أنواع الفطريات الممرضة للحشرات entomopathogenic fungal species والتى يمكنها أيضا إصابة بعض العناكب الكاملة وبيضها ، بينما استطاع (Cooke (1892 تعريف أول فطر ممرض للعناكب وأطلق عليه اسم *Akanthomyces aranearum* (لوحة ملونة رقم ١٤) .

ومعظم الفطريات الممرضة للعناكب تتبع الفطريات الأسكية Ascomycotina وما يناظرها من أطوارها الناقصة hyphomycete anamorphs ، بينما لم تشاهد فطريات ممرضة للعناكب تتبع الماستيجومايكوتات Mastigomycotina ولا الفطريات البازيدية Basidiomycotina .

إلا أن بعض الأبحاث التى تتناول الفطريات الممرضة للعناكب تذكر أنواعا من الفطريات ثانوية التطفل تظهر على العناكب المريضة أو التى فى طريقها إلى الموت .

فعلى سبيل المثال تشمل رتبة الانتوموفثورات Entomophthorales أفـراداً ممرضـة شائعة الانتشار على بعض الأنواع التابعـة لشعبـة مفصليـات الأرجـل الأرضيـة terrestrial arthropods ، ولكن لم يذكر منها أفراداً تصيب العناكب .

وتنحصر الفطريات الممرضة للعناكب فى رتبة واحدة هى رتبـة Clavicipitales التابعة لطائفة الفطريات الأسكية ، والتى تتميز بالية خاصـة لغـزو واخـتراق جليـد العناكب ، ثم تقتلها بعد ذلك . وبعض هذه الفطريات تتخصص فى إصابة العنـاكب أو الحشرات فقط ، بينما لا يفرق البعض الاخر بين عوائله ، حيـث يصيـب كـل مـن الحشرات والعناكب مسبباً أمراضاً لها تؤدى إلى الموت عادة .

أ – تقسيم الفطريات الممرضة للعناكب .

* **الفطريات الأسكية Ascomycotina – رتبة Clavicipitales**

** **الجنس *Cordyceps*** : يتبعه ثمانيـة أنـواع ممرضـة للعناكـب (Kobayasi & Shimizu, 1983) .

** **الجنس *Torrubiella*** : يتبعة ٢٧ نوعاً ممرضاً للعناكب (Kobayasi & Shimizu, 1983) .

* – **الفطريات الهيفية الناقصة Deuteromycotina**

** – **الجنس *Akanthomyces*** : يتبعه ثلاثة أنواع ممرضة للعناكب ، عبارة عـن أطـوار ناقصـة تتبـع الأجنـاس الأسـكية *Cordycceps* و *Torrubiella* (Samson & Evans, 1974).

** – **الجنس *Clathroconium*** : يتبعه نـوع واحد متخصص فى إصابـة العناكب . الطور الكامل غير معروف (Samson & Evans, 1982).

** – **الجنس *Engyodontium*** : يتبعه ثلاثة أنواع ممرضة للعناكب . الطور الكامل هو الجنس الأسكى *Torrubiella* .

** – **الجنس *Gibellula*** (ويرادفه الجنـس ***Granulomanus***) : ويتبعـه أربعـة أنواع ممرضة للعناكب (Kobayasi & Shimizu, 1983) .

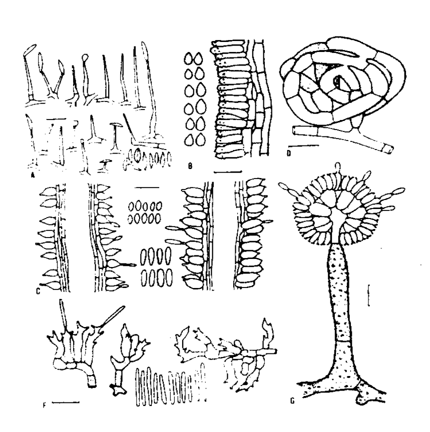
* – الجنس ***Hirsutella*** : يتبعه نوع واحد ممرض للعناكب هو *H. thompsonii* (Evans & Samson, 1982) .

* – الجنس ***Hymenostilbe*** : يتبعه نوعان ممرضان للعناكب (Samson & Evans, 1975) .

* – الجنس ***Nomuraea*** : يتبعه نوع واحد شائع الانتشار على العناكب هو *N. atypicola* (Samson, 1974) ، والطور الكامل لهذا الفطر يتبع الجنس الأسكى *Cordyceps* .

* – الجنس ***Paecilomyces*** : يتبعه نوعان يتعايشان مع العناكب أهمهما الفطر *P. fumosoroseus* (Samson, 1974) ، وقد يكون طوره الكامل تابعاً للجنس الأسكى *Cordyceps* .

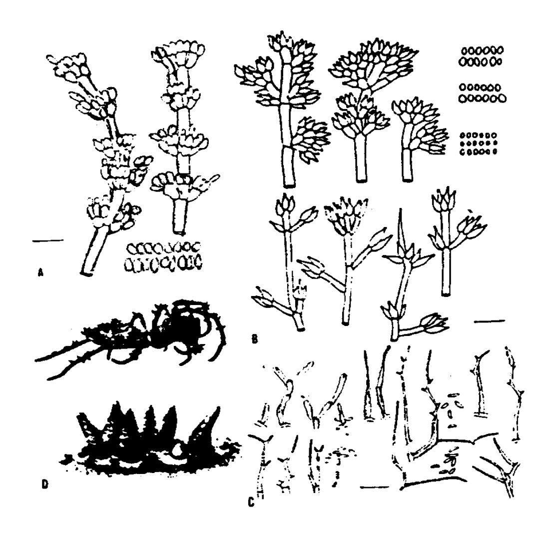
* – الجنس ***Verticillium*** : يتبعه نوعان ممرضان للعناكب (Gams, 1971).



شكل (٩ – ٧٠) : بعض الأجناس الفطرية الممرضة للعناكب .

A = *Hirsutella* . B = *Hymenostilbe* .
C = *Akanthomyces* . D = *Clathroconium* .
E = *Gibellula* F = *Granulomanus* .

(طول الخط = ١٠ ميكرونات)



شكل (٩ - ٧١) : بعض الأجناس الفطرية الممرضة للعناكب .

A = *Nomuraea* B = *Paecilomyces*

C = *Engyodontium* D = *Torrubiella*

(طول الخط = ١٠ ميكرونات)

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك بعض الممرضات الحشرية الشائعة الانتشار ، (مثل ذلك الفطر *Beauveria bassiana* ، والفطر *Metarhizium anisopliae*) تسبب أمراضا قاتلة للعناكب .

ولقد وجد أن الفطر *Torrubiella* يصيب العناكب ، حيث تتكون الأجسام الثمرية الأسكية الدورقية perithecia مباشرة على أجسام العناكب الميتة ، وخاصة عند منطقة البطن ، كما يكسو بطن العنكبوت الميت ميسليوم الفطر الملون بألوان زاهية . وقد تمتد هذه النموات الميسليومية إلى باقى جسم العنكبوت الميت ، وتنمو أيضا على المادة التى يستلقى عليها هذا العنكبوت ، مما يؤدى إلى تثبيت جسم العنكبوت الميت فى موضعه .

وتنمو الأجسام الثمرية الأسكية الدورقية التى يكونها الجنس *Cordyceps* ؛ مكونة تراكيب كبيرة الحجم نسبيا ، تنمو فى شكل صولجانى يطلق عليها اسم الحشيات الثمرية stroma .

كما يمكن مشاهدة الطور الناقص anamorph لهذا الفطر الأسكى *Cordyceps* ناميا مباشرة على جسم العنكبوت الميت على صورة ميسليوم ، وقد تتكون حوامل كونيدية متجمعة فى تركيب يطلق عليه اسم الضفيرة الكونيدية synnema .

ب – بيئة الفطريات الممرضة للعناكب :

معظم عينات الفطريات الممرضة للعناكب التى تمت دراستها فى الأبحاث السابقة كانت من غابات استوائية وتحت استوائية ، وهى من أكثر البيئات ثراء بالأنواع العديدة من الفطريات الممرضة لمفصليات الأرجل (Evans, 1982) .

وعادة ما توجد العناكب المصابة فى المناطق السفلى من النباتات والأعشاب ، ولكن هذا لا يمنع وجود بعضها عند قمم الأشجار . ومعظم العناكب المصابة عبارة عن أفراد كاملة النمو من عناكب حرة المعيشة free living adult spiders (عادة من الفصيلة Salticidae) . كما تصاب حضنة البيض clutches of eggs والعناكب اليافعة بمثل هذه الفطريات الممرضة .

ومن ناحية أخرى ، تشاهد الأنواع الكبيرة من العناكب المصابة بالفطريات الممرضة على مخلفات أوراق النباتات ، أو مدفونة فى التربة داخل أنفاق مبطنة بالخيوط الحريرية التى تنسجها هذه العناكب .

وهناك ما يدل على إصابة العناكب الاستوائية الناسجة للمصائد tropical orbweaving spiders من الجنسين *Argiope* و *Nephila* التابعين للفصيلة Artaneidae بمثل هذه الفطريات الممرضة ، خاصة الفطر *Nomuraea atypicola* ؛ حيث تموت هذه العناكب داخل شباكها أو بالقرب منها .

ويتميز الفطر السابق بمداه العوائلى العريض المثير للدهشة ، حيث إنه يصيب العناكب الكبيرة الناسجة للمصايد large trapdoor spiders فى اليابان (Kobayasi, 1941) . ولقد وجد أن هذا الفطر يكون ضفائر كونيدية معقدة التركيب على عوائلها المدفونة فى التربة .

وقد تصل حجم الضفيرة الكونيدية فى الجنس *Gibellula* إلى ضعف حجمها فى الفطر *N. atypicola* ، مما يتيح لها إنتاج كمية وفيرة من الكونيديات ، التى تنتثر عن طريقة حركة الهواء من حولها (شكلى ٩ - ٧٠ ، ٧١ ولوحة ملونة رقم ١٥) .

كما وجد Evans (1974) فطريات ممرضة للحشرات entomopathogenic fungi على العناكب بصورة منتظمة خلال دراسته لبيئة الغابات الاستوائية بغانا ، وأيضا لاحظ Samson & Evans (1973) نسبة عالية من العناكب الميتة فى مزارع الكوكا بغانا مصابة بالفطر *Gibellula pulchra* . ولا ينحصر وجود هذه الفطريات الممرضة للعناكب فى البيئات الاستوائية وتحت الاستوائية ، بل ينتشر بعضها فى البيئات المعتدلة ، حيث وجد Leatherdale (1958) ثلاثة عشر نوعا من هذه الفطريات فى انجلترا .

وتدل الدراسات السابقة أن العناكب - وهى أحد المكونات الحيوية الهامة التى تتحكم فى حجم عشائر الحشرات - تصاب هى الأخرى ببعض الفطريات الممرضة التى تحد من انتشارها وتقلل من نشاطها الحيوى فى بيئتها الطبيعية .

وحيث إن العناكب تفترس كثيرا من الأنواع الحشرية ، التى يعتبر بعضها آفات ضارة بالنباتات والأشجار الاقتصادية التى يهتم بها الإنسان ، فإنها - بناء على ذلك - يمكن تصنيفها على أساس أنها أعداء طبيعية لهذه الآفات الضارة ، ويمكن اعتبارها إحدى وسائل المكافحة الحيوية .

إلا أن هذه العناكب كثيرا ما تفترس بعض الحشرات الاقتصادية الهامة المفيدة للإنسان ، أو تقضى على عديد من مفترسات الحشرات ، وبالتالى فإنها تصبح ضارة، وتتحول إلى آفة يجب الحد من انتشارها ، بل والقضاء عليها .

وهذا يعقد دور العناكب داخل منظومة التوازن الحيوى الطبيعى من وجهة نظر الإنسان ، ويجعل من الصعوبة بمكان تقييم دور الفطريات الممرضة لها بدقة داخل أى نظام حيوى متوازن ، خاصة عند استخدام الفطريات الممرضة للحشرات فى المكافحة الحيوية ، والتى قد تؤثر - فى الوقت نفسه - على عشائر العناكب فى الطبيعة .

سادساً - استخدام الفطريات فى المكافحة الحيوية للحشرات:

تتوازن الكائنات الحية فى الطبيعة ، ولكل كائنٍ حىّ أعداؤه الطبيعية التى تعمل على الحد من زيادة أفراد عشيرته ، وكلما زادت وتنوعت الأعداء الطبيعية لكائنٍ حىّ ما ، أدى ذلك إلى انخفاض أعداد أفراد عشيرته إلى أدنى حدٍّ ممكن ، وأيضاً إلى تقلص الدور الحيوى الذى يقوم به هذا الكائن الحى فى الطبيعة .

وإذا كان هذا الكائن الحى عبارة عن حشرة ضارة بالإنتاج الزراعى الاقتصادى للإنسان ، فإن وجود أعداء طبيعية لها يعمل على الحد من الخسائر التى تسببها هذه الحشرة ، وتعتبر زيادة أعداد أفراد هذه الأعداء الطبيعية - بل وإدخال أعداء طبيعيةٍ أخرى إلى داخل النظام البيئى الذى تعيش فيه هذه الحشرة الضارة - من الأمور المرغوبة .

وتعتبر الفطريات واحدة من أهم الأعداء الطبيعية للحشرات ؛ حيث يستعمل بعضها فيما يطلق عليه اسم " المكافحة الحيوية Biological control " . ولا تهدف برامج المكافحة الحيوية إلى القضاء التام على الحشرات الضارة ، ولكن يكفى خفض أعداد أفراد عشيرة هذه الآفة إلى أدنى من الحد الحرج ، الذى لو زادت عنه أضرت بالإنتاج الزراعى الاقتصادى . ومعظم الفطريات المتطفلة على الحشرات - والتى تستعمل فى المكافحة الحيوية - تتبع طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes رتبة الإنتوموفثورات Entomophthorales ، فى حين أن بعض هذه الفطريات تتبع طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycetes .

ولا تعيش الفطريات التابعة لرتبة الإنتوموفثورات معيشة حرةً فى الطبيعة ، ولكنها تكون - عادةً - مرتبطة فى حياتها مع عوائلها الحشرية . وعلى العكس من ذلك ، يمكن للفطريات التابعة لطائفة الفطريات الناقصة البقاء والانتشار فى الطبيعة بصورةٍ نشطةٍ ، مترممة على المواد العضوية ؛ وذلك عند غياب عائلها الحشرى .

ويمكن للفطريات المتطفلة على الحشرات entomogenous fungi إصابة اليرقات والأطوار الكاملة على حدٍّ سواء ؛ حيث تتم العدوى عن طريق جراثيم الفطر الممرض التى تجد طريقها إلى داخل جسم العائل الحشرى ؛ عن طريق اختراق ليد الحشرة .

وعند إنبات جراثيم هذه الفطريات على سطح جليد الحشرة ، تنمو أنابيب الإنبات لمسافة قصيرة ، ثم تنحنى قمتها النامية وتلتصق بسطح الجليد عن طريق إفراز مادة لزجة . ويتم اختراق هيكل الحشرة الخارجى الصلب عن طريق الضغط الميكانيكى لوتد العدوى infection peg المتكون من عضو الالتصاق appressorium السابق تكوينه ، مع إفراز إنزيمات محللة للشيتين chitinases وغيره من المركبات المعقدة التى تشترك فى تركيب هيكل الحشرة الخارجى .

وبمجرد أن تصل هيفات الفطر الممرض إلى الأنسجة الداخلية للحشرة ، يزداد نموها ، وتنقسم خلاياها مكونة خلايا تشبه الخميرة yeast-like cells تنتج عن طريق تبرعم هيفات الاختراق . وتنتشر هذه الخلايا عن طريق دم الحشرة المصابة إلى جميع أجزاء الجسم ، مكونة هيفات تهاجم عضلات الحشرة وأجهزتها الحيوية ؛ مما يؤدى - فى النهاية - إلى انهيار حيوية الحشرة المصابة وموتها .

١ - تاريخ المكافحة الحيوية :

يشير مصطلح المكافحة الحيوية biological control إلى تلك الطريقة من المكافحة التى تستخدم فيها كائنات حية - مثل الأحياء الدقيقة - فى مكافحة الآفات .

ولقد بدأت المكافحة الحيوية للافات فى عديد من الشعوب القديمة قبل ميلاد السيد المسيح بسنوات طويلة ، حيث استخدم الصينيون طوائف النمل الفرعونى *Monomorium pharaonis* لمكافحة افات المخزن ، كما اعتاد المزارعون فى اليمن نقل أعشاش النمل من التلال إلى الأشجار لمكافحة ما عليها من افات .

وعلى الرغم من أن عدد الأنواع الفطرية الممرضة للحشرات يقدر بحوالى ٤٠٠ نوع ، إلا أن استخدام هذه الفطريات فى المكافحة الحيوية للحشرات قد تأخر إلى بداية القرن الثامن عشر ، حين استعمل de Reaurmur (1726) فطرا من الجنس *Cordyceps* فى مكافحة اليرقات الحشرية التابعة للفصيلة Noctuidae ، وبعد ذلك بسنوات استطاع Bassi (1835) مكافحة نفس اليرقات باستعمال الفطر *Beauveria bassiana* .

وفى عام ١٨٧٩ استطاع Metchnikoff استعمال الفطر *Metarhizium anisopliae* فى مكافحة حشرة خنفساء الحبوب *Anisoplia austriaca* ، ثم تبعه Krassilstschik (1888) بتجارب ناجحة عن استعمال الفطر *M. anisopliae* فى مكافحة سوسة البنجر *Cleonus punctiventris* ، ثم (1899) Forbes باستعمال الفطر *Sphaerostible aurantiicola* فى مكافحة الحشرات القشرية .

ولقد استمرت سيادة الفطريات فى مجال المكافحة الحيوية للآفات مع بداية القرن العشرين ، حينما وضح علماء محطة أبحاث فلوريدا بالولايات المتحدة الدور الذى تلعبه هذه المسببات المرضية فى مكافحة الحشرات القشرية وغيرها من الآفات الحشرية على الموالح .

وظهرت - فى السنوات الأخيرة - سلالات من الحشرات مقاومة لفعل المبيدات الحشرية المستخدمة فى المكافحة الكيميائية ، مما جعل هذه الكمياويات تضر بالبيئة دون أن تحقق هدفها فى قتل الآفة . بل - وفى بعض الأحيان - تعمل هذه الكيماويات على الفتك بالأعداء الطبيعية لهذه الحشرات الضارة ، مما جعل هذه العشائر الحشرية تزداد فى أعدادها مسببة كوارث اقتصادية لا حصر لها .

ومن الأجناس الفطرية الهامة التى تستخدم على نطاق تجارى فى المكافحة الحيوية للآفات الحشرية : الجنس *Beauveria* ، والجنس *Metarhizium* ، حيث يتم الحصول على هذه الفطريات الممرضة للحشرات من حشرات ميتة بصورة طبيعية ؛ ويعزل الفطر بصورة نقية فى المعمل ، ويتم تعريفه واختباره على الآفة الحشرية التى عزل منها ، وكلما كانت قدرة الفطر على النمو بكميات كبيرة على البيئات الصناعية فى المعمل ، سهل إنتاج لقاح كاف منه بصورة تجارية واستعمالها فى المكافحة الحيوية .

٣ - بعض الأمثلة الناجحة للمكافحة الحيوية للحشرات :

تعتمد المكافحة الحيوية على عدوى بعض الحشرات الحية بلقاح الفطر الممرض ، ثم إطلاق سراحها فى الحقل لنشر هذا اللقاح الممرض بين الحشرات الأخرى السليمة . ولقد استخدم الفطر *Beauveria bassiana* بنجاح فى مكافحة بعض أنواع البق chiorch bug ؛ حيث أمكن إنتاج مستحضر تجارى من هذا الفطر تحت

اسم " بوفيرين **Boverin** " ، كما استخدم الفطر *B. tenella* فى فرنسا لمكافحة يرقات الجعال *Melolontha melolontha* ؛ حيث أظهر فعالية فى المكافحة يمكن مقارنتها بفعالية المستحضرات الفيروسية والبكتيرية والبرتوزوية .

ومن الناحية التطبيقية ، فلقد نجحت المكافحة الحيوية باستخدام الفطريات فى عديد من الدول ؛ حيث يعتمد على الفطر *B. bassiana* فى مكافحة عديد من الآفات الحشرية فى الاتحاد السوفيتى (السابق) ، والفطر *Verticillium lecanii* فى مكافحة بق النبات فى إنجلترا ، والفطر *Hirsutella thompsonii* لمكافحة الحشرة القشرية فى الموالح بالولايات المتحدة ، والفطر *Metarhizium anisopliae* لمكافحة المن فى كندا ، والفطر *Nomuraea rileyi* لمكافحة بعض الآفات الحشرية التى تصيب الخضر بالولايات المتحدة .

ونظرا لصعوبة الإنتاج التجارى لبعض الفطريات الممرضة للحشرات فى المعمل – مثال ذلك الأنواع الفطرية التابعة للجنسين *Entomophthora*، و *Coleomomyces* – فإن استعمالهما محدود فى المكافحة الحيوية للآفات الحشرية .

وعلى الرغم من ذلك ، مازالت هناك محاولات لاستخدام أنواع من الجنسين السابقين فى مكافحة بعض الآفات الحشرية ؛ مثال ذلك استخدام أنواع من الجنس *Coleomomyces* فى المكافحة الحيوية للباعوض الناقل لمرض الفيلاريا بجزر توكيلو Tokelau islands ؛ حيث ينمو هذا الفطر داخل التجويف البطنى coelomic cavity ليرقات الباعوض عن طريق هيفات الفطر المتفرعة غير المقسمة ، وتقتل اليرقات قبل تحولها إلى عذارى . وتلتف هيفات الفطر حول نفسها مكونة أجزاء هيفية تتحرك داخل دم اليرقة Haemolymph . ولقد أظهرت النتائج أن الفطر *C. stegomyiae* المعزول من سنغافورة قد خفض من كثافة عشيرة حشرات الباعوض إلى حوالى ٣٥٪ .

ومن الفطريات الأخرى المستخدمة فى المكافحة الحيوية ، الفطر *Metarhizium anisopliae* الذى يظهر درجات متفاوتة فى تخصصه على إصابة العوائل الحشرية ؛ فبعض السلالات تصيب نوعا واحدا من الحشرات ، بينما هناك سلالات أخرى ذات مدى عوائلى واسع (Butt et al, 1992 ; Perior, 1990) . وهناك اهتمام متزايد بالاستخدامات التطبيقية لهذا الفطر فى مكافحة الآفات الحشرية ؛ حيث إن ذلك يوفر بديلا غير ضار بالبيئة ، بالمقارنة بالمطهرات الحشرية الكيمائية الملوثة للبيئة .

٣ – العوامل المؤثرة على تفاعل الفطر المتطفل مع عائله الحشرى :

يتوقف تخصص السلالات التابعة للفطر *M. anisopliae* على تفاعل الطفيل مع عائله الحشرى ؛ حيث يعتبر جليد الحشرة هو أول مرحلة من مراحل هذا التخصص (Hall & Papierok, 1982) . ولقد أوضحت الدراسات التى أجريت حول سلوك إنبات كونيديات الفطريات الممرضة للحشرات على جليدها ، كيفية دخول أنبوب الإنبات إلى العائل الحشرى .

وعن طريق مثل هذه الدراسات يمكن أن نتفهم طبيعة تخصص الفطريات الممرضة للحشرات لعوائلها ؛ مما يمكننا من حسن اختيار السلالات الفطرية الممرضة للآفة الحشرية المراد مكافحتها حيويا . ولقد أدى ذلك إلى تعريف سلالة من الفطر *M. anisopliae* شديدة الإصابة لحشرات المن وافات النحل الحشرية على نبات لفت الزيت ، وهو محصول هام فى أوروبا (Alford et al, 1991; Butt et al., 1994) .

وتعتبر حشرات المن *Myzus persicae* و *Lipaphis crysimi* شديدة القابلية للعدوى بالفطر *M. anisopliae* ، بالمقارنة بحشرة خنفساء الخردل *Phaedon cochleariae* وحشرة *Psylloides chrysocephala* .

ولقد أوضحت بعض الدراسات الأخرى أن جليد العائل الحشرى يلعب دورا كبيرا فى تحديد سلوك إنبات كونيديات الفطر الممرض *M. anisopliae* وقدرته على عدوى العائل الحشرى . ويتفق هذا مع نتائج أبحاث (Hall & Papierok (1982 فى أن جليد الحشرة هو أول مستويات تخصص الفطر على عائله الحشرى .

ويبدو أن جليد الحشرة يؤثر على جميع مراحل العدوى ، بداية من التصاق الكونيدة به ، ثم إنباتها ، وتكوين أعضاء الالتصاق (Butt, 1990) . وتؤدى قدرة الكونيديات الفطرية على الالتصاق بجسم العائل الحشرى وإنباتها إلى تحديد القدرة المرضية . فلقد وجد أن كونيديات الفطر *M. anisopliae* تتعلق بجليد حشرة الخنفساء البرغوتية flea beetle ، وتنبت تحت جناحها الغمدى أكثر من إنباتها على المنطقة الظهرية .

ولا تعتبر الرطوبة عاملا محددا لحدوث العدوى ؛ وذلك لطبيعة الحشرات في انتشارها تحت الظروف الرطبة ، بينما تلعب المواد المثبطة للإنبات وتوفر العناصر الغذائية دوراً هاما في بقاء الفطر على جسم العائل الحشري . فلقد وجد & Saito Aoki (1983) أن هناك بعض المواد المثبطة لإنبات الكونيديات على ظهر المنطقة الوسطى من جسم الحشرة تعمل على حماية الحشرة من الممرضات الفطرية المنتشرة في الطبيعة، بينما اختفت هذه المواد المثبطة في الحشرات الميتة (Butt et al., 1992).

كما أظهرت بعض الدراسات وجود علاقة مباشرة بين قدرة تعلق كونيديات الفطريات على جسم عوائلها الحشرية وإنباتها ، وقدرة هذه الفطريات على العدوى . وفي هذا المجال وجد الباحثان (Al-Aidroos & Roberts (1978 أن كونيديات العزلات غير الممرضة من الفطر *M. anisopliae* فشلت في التعلق بسطح جسم الباعوض .

وعند تتبع تكوين أعضاء الالتصاق appressoria على جليد الحشرات ، وجد أن قليلا من أعضاء الالتصاق تتكون على جليد حشرات المن ذات الجسم المرن ، بالمقارنة بجليد حشرات الخنافس الصلب . ويدل ذلك على أن أنابيب إنبات الفطر الممرض تقوم باختراق أجسام العوائل الحشرية المرنة مباشرة دون تكوين أعضاء التصاق ؛ وهذا يحدث أيضا عند اختراق هيفات فطر *Aspergillus parasiticus* للجليد المرن ليرقات bagwarm ؛ حيث يشاهد عدد قليل من أعضاء الالتصاق . (Berisford & Tsao, 1975)

وتدعم هذه النتائج المشاهدات التي سجلها (Robinson (1966 ؛ حيث أوضح أن الأسطح الصلبة الخشنة فقط هي التي تشجع تكوين أعضاء الالتصاق . وعلى الرغم من ذلك ، فإن كونيديات الفطر *M. anisopliae* تكون أعضاء التصاق على الأجنحة ذات الأغشية الملساء لحشرات ذباب اللحم blow flies ، وأيضا على الأغشية بين الحلقية ليرقات حشرة *Galleria mellonella* ؛ وهذا يدل على أن هناك عوامل أخرى تتداخل في تكوين أعضاء الالتصاق .

ومن ناحية أخرى ، وجد (St Leger et al. (1989 أن زيادة العناصر الغذائية قد يؤدي إلى تثبيط تكوين أعضاء الالتصاق ، وأيضا قد يقلل من إنتاج إنزيم البروتياز المحلل لجليد العائل الحشري cuticle - degrading protease . وتعتبر العناصر الغذائية الموجودة على جليد حشرات الخنافس قليلة (Hunt et al., 1984) ، بالمقارنة

بتلك الموجودة على جليد المن ، وخاصة تلك الناتجة عن الندوة العسلية (Brey et al., 1985) .

وربما يفسر ذلك زيادة أعداد أعضاء الالتصاق المتكونة على جليد حشرات الخنافس ، بالمقارنة بتلك المتكونة على جليد حشرات المن . ويبدو أن زيادة العناصر الغذائية على جليد حشرات المن تشجع الإنبات ونمو أنابيب الإنبات التى تخترق جليد الحشرة مباشرة دون الحاجة إلى تبديد الوقت فى تكوين أعضاء التصاق لا ضرورة لها .

ويبدو - أيضا - أن طبيعة الجليد تؤثر على تكوين أعضاء الالتصاق ؛ فمثلا لوحظ أن حجم عضو الالتصاق الذى قد يتكون على جليد حشرة المن كان صغيرا ، وربما لا يسهل التعرف عليه ، بالمقارنة بأعضاء الالتصاق التامة التكوين على جليد الخنافس .

علاوة على ذلك فإن أعضاء الالتصاق - التى تكون قريبة جدا من بعضها - تبدو متشابهة فى شكلها ؛ مما يدل على أن الفطر الممرض يستقبل مؤثرات متشابهة من العائل الحشرى فى هذا الموقع . كما أن كونيديات الفطريات الممرضة تظهر نوعا من ردود الفعل السريعة للمؤثرات الجليدية للتغلب على التأثير المثبط للإنبات .

وتلعب كثافة اللقاح الفطرى the fungal inoculum density دورا فعالا فى فاعلية الفطر الممرض the entomopathogenic fungus فى مكافحة الآفة . كما يلاحظ أن هذه الفطريات الممرضة لا تفتك بالحشرة مباشرة كما هى الحال عند استخدام المبيدات الكيميائية ، ولكن قد تنقضى عدة أيام - وربما أسابيع - منذ معاملة الحشرة بالمبيد الفطرى fungal insecticide حتى يظهر أول مظاهر الإصابة على هذه الحشرات المعاملة .

٤ - شروط استخدام الفطريات فى مكافحة الحشرات :

يجب أن يؤخذ فى الحسبان - عند تحديد موعد معاملة الحشرة بالفطر الممرض المستخدم فى المكافحة الحيوية - الوقت الذى يحتاج إليه الفطر لكى يقضى على هذه الحشرة قبل أن تزداد عشيرة هذه الحشرة على النبات الاقتصادى وتسبب له خسائر معنوية . كما يجب أن تراعى العوامل الجوية السائدة وقت المعاملة خاصة درجة

الحرارة والرطوبة النسبية ، بحيث تكون مناسبة لنمو ونشاط الفطر المستخدم فى المكافحة الحيوية .

وعلى أية حالٍ ، يُرَاعَى عند استخدام بعض الفطريات الممرضة للحشرات فى المكافحة الحيوية ، أن تكون هذه المستحضرات الفطرية مأمونة للثدييات ، وخاصة الإنسان . وعلى سبيل المثال ، فإن الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Entomophthora* تعتبر سامة للثدييات ، كما يجب توخى الحذر عند التوصية باستخدام مستحضرات للمكافحة الحيوية من الفطريات *Beauveria* و *Paeclomycetes* و *Metarhizium* .

وينصح – عادةً – بعدم استخدام مستحضراتٍ فطريةٍ لأنواع من الجنس *Aspergillus* ؛ مثال ذلك *A. flavus* و *A. parasiticus* لاحتوائها على مواد سامة (توكسينات) . وعلى العكس من ذلك ، لم تتضح – حتى الآن – أية تأثيراتٍ ضارةٍ بالثدييات عند استعمال المستحضر الفطرى **Destructin B** (وهو ببتيد من الفطر *Metarhizium anisopliae* وكذلك المستحضر الفطرى **Beauverin** (من الفطر *Beauveria*) .

إلا أنه عند استعمال المستحضر الفطرى **Boverin** (من الفطر *B. bassiana*) فى الاتحاد السوفيتى (السابق) ، أدى ذلك إلى ظهور بعض حالات الحساسية ؛ حيث يجب أن يؤخذ ذلك فى الحسبان عند تسجيل أحد المستحضرات الفطرية الجديدة المستعملة فى المكافحة الحيوية للآفات الحشرية .

ومن الدراسات الحديثة عن المكافحة الحيوية لبعض الحشرات الضارة باستعمال الفطريات الممرضة لها ، ما نشره الباحثون Gerald et al. (1997) عن استعمال الفطر *Cordycepioideus* فى مكافحة حشرات النمل الأبيض (الأرضة termites) فى كينيا .

فمن المعروف أن هذه الحشرة تنتشر فى المناطق الاستوائية ، حيث تعتبر إحدى الآفات الضارة بالغابات والمزروعات ، مسببة خسائر اقتصادية فادحة للأفراد وللدولة ، خاصة فى مجال المنشآت والمصنوعات الخشبية .

ونتيجة للزيادة المطردة فى أعداد السكان فى عديد من الدول الأفريقية ، يتجه الأهالى إلى إنشاء مساكن خشبية فى بعض المناطق المنخفضة شبه الجافة ، والتى تعتبر موطنا طبيعيا للنمل الأبيض ، حيث يتسبب هذا النمل فى تدمير مساكن الأهالى

الخشبية وتهديد مصادر غذائهم ، وأيضا الإضرار بالحرفة الوحيدة التي يحترفونها وهى الزراعة .

وتتراوح الخسائر الناتجة عن النمل الأبيض بين ١٥٪ و ٩٠٪ من إنتاجية المحاصيل المنزرعة فى المناطق تحت الصحراوية فى أفريقيا ، مما دعا الحكومات هناك إلى التوصية باستخدام بعض المبيدات الحشرية الفعالة ؛ مثل الألدرين **Aldrin** والديلدرين **Dieldrin** للحد من النشاط المدمر لحشرات النمل الأبيض .

ونظرا لما تحدثه مثل هذه المبيدات الحشرية من تلوث للبيئة، فلقد اتجهت الحكومة فى كينيا إلى التعاون مع إحدى الهيئات العالمية (وهى الهيئة الدنمركية للمساعدة على التنمية العالمية (Danish International Development Assistance **DANIDA** وذلك بهدف تطوير برنامج المكافحة المتكاملة للآفات Integrated Pest Mangement (**IPM**) فى قارة أفريقيا ، حيث اهتم – من خلال هذا البرنامج – بالمكافحة الحيوية للآفات باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات ، فيما يسمى بالمواد الفطرية القاتلة للحشرات mycoinsecticides .

ولقد أظهرت أبحاث سابقة قدرة الفطر الهيفى *Metarhizium anisopliae* فى القضاء على النمل الأبيض القاطن للأشجار ، أو تلك الأنواع التى تبنى الأبراج العالية فى استراليا (Milner & Staples, 1996) .

وفى الدراسة التى قام بها (Gerald et al (1997 ، تم جمع عينات من حشرات النمل الأبيض البانية للأبراج العالية mound - building termites (*Macrotermes subhyalinus*) ، والتى وجدت منها أعداد متجمعة ، كانت ميتة ومحنطة بجوار الكتل الصخرية .

وتميزت الأفراد الميتة من النمل الأبيض بتصلب أجسامها ، وظهور عديد من الحشيات الثمرية stromata للفطر الأسكى *Cordyceps* عليها (لوحة ملونة رقم ١٢)، ولقد تم جمع هذه العينات الحشرية وفحصها فى المعمل والتعرف على الفطر الممرض (Ochiel et al., 1997) .

كما أظهر الفحص الميكروسكوبى لعينات النمل الأبيض المصابة ، ظهور نموات هيفية وجراثيم للفطر *Cordycepioideus bisporus* ، مشابهة فى ذلك النموات

والجراثيم التي تم فحصها قبل ذلك في وادي ريفت Rift valley بتنزانيا ، والتـــي تـــم عزلها من النمل الأبيض من نوع *Macrotermes natalensis* (Stifler, 1941) .

ولم يذكر الفطر السابق في أية تقارير علمية أخرى ، حتى قام الباحثان Blackwell & Giberston (1984) بتعديل وصف الفطر ؛ وذلك في عزلات من حشرات نمـــل أبيض أخرى من الأنـــواع *Macrotermes michaelseni* و *M. subhyalinus* فـــي عينات مأخوذة من كينيا .

ولقد وجدت الجراثيم الأسكية العديدة الخلايا على الحشرات الميتة ، كما وجد الطور الناقص لهذا الفطر الأسكي ، وتم عزله بصورة نقية من كونيديـــات كـــانت مصاحبـــة للحشيات الثمرية الأسكية السابقة ، بينما فشلت الجراثيم الأسكية في الإنبات .

وعندما تم الحصول على مزرعة نقية من الفطـــر *Cordycepioideus bisporus* قورنت بمزرعة نقية للفطر *Cordyceps militaris* ، حيث أوضحت الدراسة أن الفطر الأول هو الطور الناقص anamorph للفطر الثاني الأسكي .

وبعد فترة من إنماء الفطر *C. bisporus* على بيئات صناعية غنية بـــالببتون فـــي المعمل ، تكونت حشيات ثمرية كاذبة pseudostroma لحميـــة ذات لـــون برتقـــالي ، ظهرت عليها ضفائر كونيدية synnemata ، ثم ظهرت – بعد فترة – حشيات ثمريـــة خصبة fertile stroma تحمل أجساما ثمرية أسكية دورقية .

وتدل الدراسات التي تابعت انتشار الفطر السابق في عشائر النمل الأبيض الطبيعية، أنه قلما توجد أفراد مصابة بهذا الفطر الممرض . وقد يعكس ذلك قلة العينات التي تـــم الحصول عليها ، بالإضافـــة إلى سلوك الأفراد المجنحة من النمل الأبيـــض المصابـــة بهذا الفطر ، حيث تهاجر بعيـــدا عن عشوشها وتختبئ خلـــف الصخـــور ؛ منتظـــرة مصيرها المحتوم .

ولقد لوحظ وجود أعداد من هذه الحشرات الميتة في مجموعات خلـــف الصخـــور المتناثرة حول عشوش النمل الأبيض ، مما يدل على إصابة عديد من الأفراد بصـــورة تبدو وبائية . وحيث إن لقاح الفطر الممرض موجـــود على هـــذه الأفـــراد الميتـــة ، والعائل الحشري متوفر حولها وقابل للعدوى ، فإن توفر الظروف البيئية المناسبة يعمل على إصابة مزيد من النمل الأبيض بالفطر الممرض ، مما يحـــد مـــن أعـــداد هـــذه الحشرات الضارة .

ويكون هذا الفطر الممرض (*C. bisporus*) جراثيم أسكية داكنة اللـــون ســميكة الجدر ، مما يدل على تأقلمه مع الظروف البيئية الصعبة التى ينمو فيها . ولكن مـــازال سلوك هذا الفطر وطريقة إنبات جراثيمه الأسكية وإحداثه العـــدوى لحشـــرات النمـــل الأبيض من الموضوعات التى لم تنل بعد حظا وافرا من الدراسة . ولكنه من المعروف – حتى الآن – أن الجراثيم الأسكية التى يكونها هذا الفطر ليست هى الطور المعــــدى لحشرات النمل الأبيض ، ولكن الطور المعــــدى هـــو الكونيـــديــــات ذات الشكــل الشعرى capilliconidia ، والتى تنتج من إنبات الجراثيم الأسكية خلال موسم الأمطار القصير.

وعند اختبار عدوى حشرات النمل الأبيض صناعيا باستعمال معلق من الكونيديـــات السابقة ، فشلت هذه الجراثيم فى إحداث الإصابة ، ولكن عندما سمح لحشرات النمـــل الأبيض بالتجول على تربة معقمة – أضيف إليها جراثيم أسكية وقطع مـــن الضفـــائر الكونيدية للفطر *C. bisporus* – حدثت العدوى بنسبة عالية (Ochiel, 1995) .

وتدل مثل هذه التجارب على أن سلوك الفطر الممرض تجـاه عائــــله الحشـــرى مـــازال لغـــزا يحتـــاج منـــا إلى مـــزيـــد من الدراســـة ، وأن الوحـــدة المعـــــدية القادرة على إصابة حشرات النمل the infection unit (the infective propagule) الأبيض هى الأخرى غير واضحة ، خاصة من ناحية طريقة العدوى . وربما تـــؤدى الأبحاث الجارية على هذا الفطر الممرض إلى الاعتماد عليه فـــى المكافحـــة الحيويـــة لحشرات النمل الأبيض فى عديد من الدول التى تقاسى من نشاطه المدمر الذى لا حدود له .

وفى النهاية ، فإن الأبحاث والدراسات التى تجـــرى علـــى الفطريـــات الممرضـــة للحشرات تساعد – بدرجة كبيرة – فى الاعتماد على المكافحة الحيوية للحد من زيـــادة أعداد العشائر الحشرية الضارة ، التى لو تركت وشأنها لتكاثرت حتى غطـــت ســـطح الأرض ، ملتهمة فى طريقها الأخضر واليابس .

٥ – الفطريات الناقصة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات:

معظم الفطريات الناقصة ممرضات اختيارية facultative parasites فيما عدا بعض الشواذ . ومن أهم هذه الفطريات الممرضة للحشرات ، بعض سلالات الأنواع التابعـــة

للجنس *Hirsutella* (Macleod, 1960) ، والجنس *Gibellula* (Samson & Evans, 1973) .

ولقد أمكن تنمية هذه الفطريات الناقصة على بيئات صناعية فى المعمل ، مما سهل دراستها ومعرفة صفاتها وقدرتها المرضية لعوائلها الحشرية ، كما أمكن إنتاج هذه الفطريات إنتاجا تجاريا ، واستخدامها فى المكافحة الحيوية لعديد من الآفات .

وفيما يلى أهم الفطريات الناقصة المستخدمة فى مكافحة الآفات حيويا .

أ – الفطر *Metarhizium anisopliae* :

يعتبر هذا الفطر من أكثر الفطريات الممرضة للحشرات التى تمت دراستها معمليا وتطبيقيا ، وأول الفطريات التى تم إنتاجها واستخدامها فى المكافحة الحيوية على نطاق تجارى كبير لمكافحة عديد من الآفات (Krassilstchik, 1888 ; Metschnikoff, 1879).

ويتميز هذا الفطر بقدرته على إصابة مدى عريض من العوائل الحشرية ، تتبع عديدا من الرتب ، مثل رتبة الحشرات الغمدية الأجنحة Coleoptera ، ورتبة الحشرات الهدبية الأجنحة Lepidoptera ، ورتبة الحشرات ذات الجناحين Diptera، ورتبة الحشرات المتشابهة الأجنحة Homoptera . كما تختلف السلالات الفطرية فى تخصصها لإصابة العوائل الحشرية المختلفة (Fargues et al., 1976) .

وتضم رتب الحشرات السابق الإشارة إليها أنواعا من الحشرات الضارة بصحة الإنسان ومحاصيله الاقتصادية ، مثال ذلك : الباعوض mosquitoes ، ونطاطات الأرز البنية brown plant hoppers of rice والخنافس beetles ، والذباب الأبيض white fly ، وغيرها من الحشرات .

ويكون الفطر *M. anisopliae* كونيديات جافة بوفرة ، وذلك عند إنمائه على بيئة غذائية صلبة ، إلا أنه عندما ينمى على بيئة سائلة ، فإنه يكون جراثيم متبرعمة blastospores ، حيث يطلق على هذه المرحلة من النمو طور الخميرة yeast-phase (Adamek, 1965) . ولقد وجد أن عديدا من سلالات هذا الفطر تقوم بإنتاج نموات هيفية وجراثيم متبرعمة فى نفس الوقت (Lisansky & Hall, 1983) .

وتعتبر الكونيديات هي التراكيب الفطرية الشائع استخدامها لهذا الفطر ، نظــرا لأن الجراثيم البرعمية قصيرة العمر سريعة التحلل . ولقد أنتج مستحضر تجارى من الفطر *M. anisopliae* فى البرازيل ، وذلك عن طريق تنمية الفطر علــى مخلفــات الأرز ، وتعبئة المنتج فى أكياس من البولى بروبيولين (السيلوفان) (Aquino et al., 1977).

ويستخدم هذا الفطر فى مكافحة نطاطات الأوراق العشبية فى حقــول قصب السكر ، وأيضا فى مكافحة الخنفساء الوحيدة القرن rhinoceros beetle فى الهند ، بالإضافــة إلى مكافحة معظم آفات النخيل .

ب – الفطر *Beauveria bassiana* و الفطر *B. brongniartii* :

يمكن إنماء الفطرين السابقين بسهولة فى المعمل على بيئات صلبة ، حيــث تنتج كميات وفيرة من الكونيــديات ، تصل إلى أكثر من ٦٠٠٠ مليون كونيدة لكــل جــرام بيئة صلبة مستخدمة (Ferron, 1981) . ويمكن لهذين الفطريــن تكويــن جراثيــم متبرعمة (Fargues et al., 1979) ، إلا أن هناك صعوبة فى تخزينــها والاحتفــاظ بحيويتها لفترة طويلة (Ferron, 1981) .

وفى دراسة أخرى ، قام (Blachere et al., (1973 بجمع هذه الجراثيم المتبرعمة blastospores بواسطة الطرد المركزى ، ثم تم تجفيفها فى درجة حرارة منخفضة بعد خلطها بمسحوق السليكا ، وبمواد نشطة أسموزيا ؛ مثال ذلك : السكروز أو جلوتامــات الصوديوم sodium glutamate ، وكذلــك بمــادة أســكوربات الصوديــوم sodium ascorbate كعامل مضاد للأكسدة anti-oxidising agent ، وبمخلوط مــن البــارافين السائل ومادة polyoxyethylene glycerol oleate .

ولقد تم تخزين هذا المستحضر تحت ظروف التفريغ الهوائى ، أو فى وجود غــاز النتروجين ؛ حيث أظهرت النتائج أن الجــراثيم المتبرعمــة – للفطريــن الســابقين – يمكنها الاحتفاظ بحيويتها فى هذا المستحضر لمــدة لا تقل عــن تسـعة شــهور مــن التخزين تحت ظروف مناسبة . ويمكن إنماء كونيديات الفطر *B. bassiana* فى البيئات السائلة ، إلا أن ذلك لم يتم على نطاق تجارى (Goral, 1975) .

ولقد ظهر مستحضر تجارى من الفطــر *B. bassiana* فــى الاتحــاد الســوفيتى (السابق)، أطلق عليه اسم بوفيرين **Boverin** ، حيث تم إنتاج هذا المســتحضر علــى مرحلتين ، الأولى إنتاج اللقاح بنمو الفطر فى مــزرعة سائلة ، والثانية تنمية هذا اللقاح

على بيئات صلبة لإنتاج كميات وفيرة من الكونيديات . واستخدم هذا المستحضر فـــى مكافحة حشرة خنفساء الكلورادو Colorado beetle على نطاق واسع .

كما أنتج هذا المستحضر أيضا فى الصـــين ، وذلك بإنماء الفطر على مواد صلبة ؛ مثل ردة القمـــح أو مخلوط كومبوست الأرز والدبال وســـيقان الذرة الجافة المسحوقة (Hussey & Tinsley, 1981) . وأمكن إنتاج كميات كبيرة مـــن الكونيديـــات تقـــدر بحوالى ١٠٠ مليون كونيدة لكل جرام من المادة المستخدمة فى التنمية .

ويستخدم لقاح هذا الفطر فى تعفير المزروعات ؛ وذلك بعد تخفيفه بنســـبة ١ : ١٠ بالرمل الناعم ، حيث أظهر هذا اللقاح فاعلية جيدة فى المكافحة الحيـــوية لثاقبات الذرة وخنافس أشـــجار الصنوبر (Hussey & Tinsley , 1981) .

جـ – الفطر *Verticillium lecanii* :

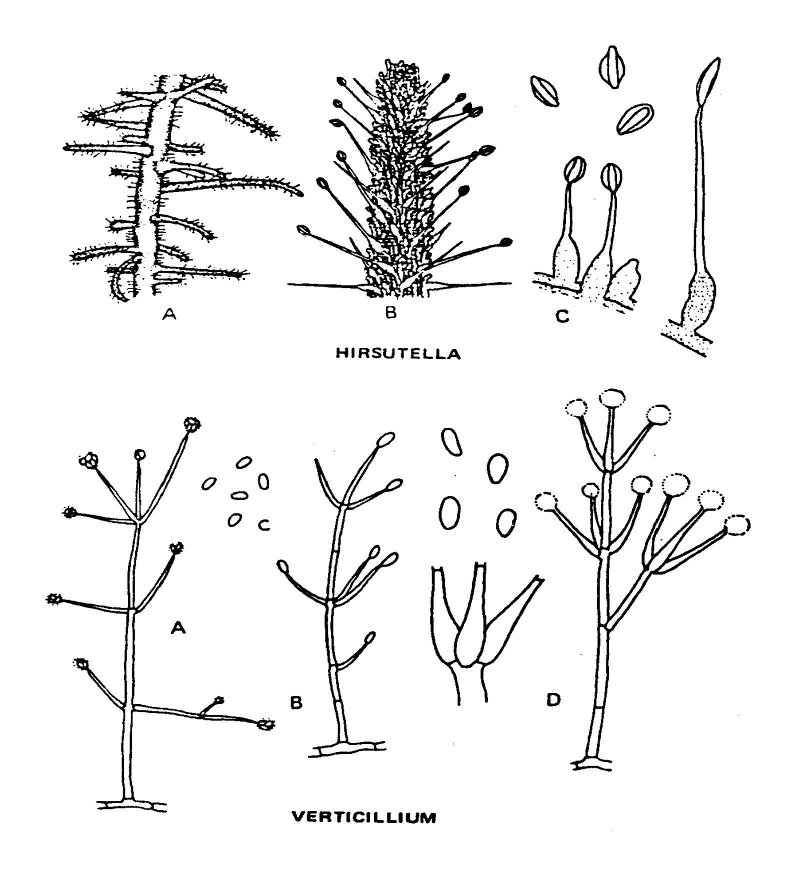
ينحصر المدى العوائلى لهذا الفطـــر فـــى رتبـــة الحشـــرات متشابهـــه الأجنحـــة Homoptera بصفة أساســـية ؛ مثـــال ذلـــك الحشـــرات القشريـــــة scale insects وحـــشرات المن aphids ، بينمـــا قليـــلا مـــا يشـــاهد هـــذا الفطـــر متطفـــلا علـــى حشـــــــــرات من رتب أخرى (Hall, 1981 a) ؛ مثال ذلك خنفساء قلف شجـــــر الـــدردار (*Scolytus scolytus*) Large elm bark beetle (Barson, 1977) .

ولقد استعمل هذا الفطر بنجاح فى المكافحة الحيوية لحشرات المـــن فـــى الصـــوب الزجاجية (Hall, 1980) والذبابة البيضاء . ويتم إنتـــاج كونيديـــات الفطـــر و / أو جراثيمه المتبرعمة على نفس سطح البيئة السائلة . ويلاحظ أن الفطر ينمو فى البيئـــة السائلة المهتزة – بغرض زيادة التهوية – وذلك على صورة ميســـليوم فـــى المرحلـــة الأولى من النمو ، بصرف النظر عن نوع اللقاح المستعمل ، سواء أكان كونيديـــات أم جراثيم برعمية .

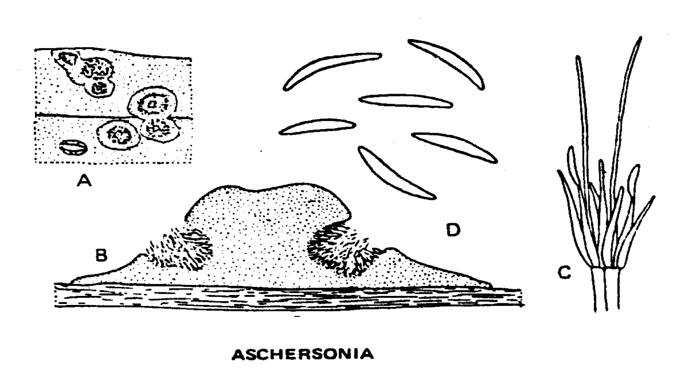
وبعد فترة قصيرة من النمو الميسليومى فى البيئة السائلة ، يبدأ تبرعم الخلايا مكونة ملايين البراعم الصغيرة ، والتى يطلق عليها اسم الجراثيم البرعميـــة (المتبرعمـــة) blastospores .

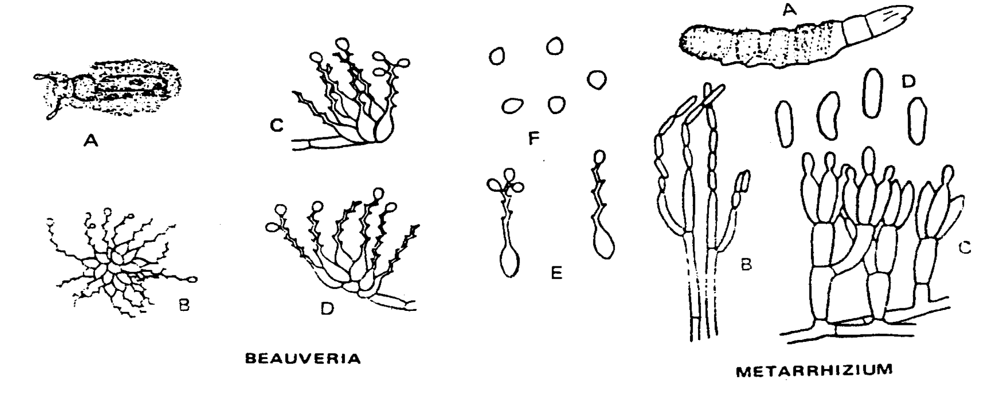
وقد يكون العامل المحدد لاستمـــرار النمو الميســـليومى للفطـــر *V. lecanii* هـــو التهوية ، فإذا انخفضت نسبة الأكسوجين أو زاد تركيز ثانى أكسيد الكربـــون ، اتجـــه

الفطر مباشرة للتبرعم (Hall & Latge, 1980) . وتتوقف كمية الجراثيم البرعمية الناتجة على سلالة الفطر ، والتى قد تزيد على ألف مليون جرثومة برعمية (١٠^١٠) لكل ملليلتر من البيئة السائلة المستعملة .



شكل (٩ – ٧٢) : بعض الفطريات الممرضة للحشرات ، والمستخدمة فى المكافحة الحيوية .





شكل (٩ - ٧٣) : بعض الفطريات الممرضة للحشرات ، والمستخدمة فى المكافحة الحيوية .

ويعتبر الفطر *V. lecanii* أول فطر مستخدم تجاريا فى المكافحة الحيوية للحشرات ؛ حيث أنتج منه المستحضر فيرتاليك **Vertalec** عن طريق الهيئة البحثية

الإنجليزية Tate & Lyle Group Research and Development فـــى ينـــاير عـــام ١٩٨١ . ولقد استخدم هذا المستحضر فى مكافحة حشرات المن حيويا فـــى الصـــوب الزجاجية ، حيث أعطى نتائج باهرة .

وتبع ذلك إنتاج مستحضر آخر هو مايكوتال **Mycotal** ، حيث استعمل فى المكافحة الحيوية لحشرة الذبابة البيضاء فى الصوب الزجاجية . ثم تلا ذلك إنتاج مســـتحضرات أخرى استخدم بعضها فى مكافحة حشرة الـــتربس thrips والعنكبـــوت الأحمـــر red spider mite .

د – الفطر *Verticillium chlamydosporium* :

من المعروف أن هذا الفطر يصيب الآفات التحـــت أرضيـــة subterrean pests ، مثال ذلك حوصلات نيمـــاتودا جـــذور النجيليـــات . وتعتـــبر الجراثيـــم الكلاميديـــة chlamydospores هى الوحـــدات الفطريـــة المعديـــة فـــى التربـــة the infective propagules ، إلا أنه لم يمكن إنماؤها على بيئات صناعية فى المعمل .

ومن ناحية أخرى ، يكون الفطر كونيديات وفيرة تحمل علـــى حوامـــل كونيديـــة ، يسهل إنماؤها على بيئات صناعية فى المعمل وإنتاج لقاح بكميات تجارية. ولقد أمكـــن حفظ هذه الكونيديات واستعمالها بنجاح فى مكافحة النيماتودا الممرضة فى التربة حيويا.

هـ – الفطر *Nomuraea rileyi* :

يصيب هذا الفطر يرقات الحشرات caterpillars التابعة لرتبة حرشفيـــة الأجنحـــة بصورة أساسية ، حيث يستخدم لخفض أعداد عشائر عديد من الآفات الضارة بالنباتات الاقتصادية ، مثال ذلك مكافحة الأنواع التابعة للجنـــس *Heliothus* بشمـــال كارولينـــا الولايات المتحدة (Ignoffo, 1981) .

وتعتبر أفضل طريقة للإنتاج الكثيف من كونيديات هذا الفطر هى بواســـطة انمائـــه على بيئة صلبة . ومن أهم البيئات الصلبة المستخدمة ، بيئة اجار ســـابراود المـــالتوز Sabouraud maltose agar المضاف إليها ١٪ مستخلص الخميرة ، وبيئة أجار صفار البيض المتخثر Coagulated egg-yolk agar .

وقد ينمو الفطر *N. rileyi* على بعض البيئات الأخرى ، مثـــال ذلـــك بيئـــة اجـــار سابراود الدكستروز Sabouraud dextrose agar أو بيئة آجار مســـتخلص الخمـــيرة

والجلوكوز Glucose - yeast extract agar ، إلا أن هذا النمو يقتصر علـــى تكويـــن هيفات فطرية دون تكوين كونيديات .

كما ينمو الفطـــر فى البيئـــات السائـــلة مـــكونا جـــراثيـــم برعمية blastospores (Bell, 1975) ، إلا أن هذه الجراثيم البرعمية تكون - عادة - قليلة العدد .

ويبدو أن العامل المؤثر على تكوين الجراثيم البرعمية هو التركـــيز العـــالى مـــن مستخلص الخميرة فى البيئة الغذائية التى ينمو فيها الفطر ، وكذلك وجود المادة الناشرة Tween 80 (Riba & Glandard, 1980) ، بينما لا تؤدى زيادة تركيز ثانى أكســـيد الكربون إلى دفع الفطر لإنتاج جراثيم برعمية .

و - الفطر *Hirsutella thompsonii* :

يتميز هذا الفطر عن غيره من الفطريات الناقصة الممرضة لمفصليات الأرجل بأنه لا يصيب سوى الحلم دون غيره، مسببا له مرضا وبائيا يقضى عليه (epizootics) ، خاصة حلم صـــدأ الموالـــح Citrus ruste mite (*Phyllocoptruta oleivora*) ، وحـــلم بـــراعم الموالح cutrus bud mite (*Eriophyes sheldoni*) (Mc Coy & Couch, 1978) ، وكذلك حلـــم جـــوز الـــهند (*Eriophyes Guerreronis*) The Coconut mite (Hall et al., 1980) .

ويتجرثم هذا الفطر بوفرة على البيئات الصلبة مكونا كونيديـــات ، بينمـــا لا ينتـــج جراثيم برعمية blastospores سواء على عائله أم فى البيئة السائلة ، حتى عند زيـــادة غاز ثانى أكسيد الكربون .

ونظرا لفاعلية الفطر *H. thompsonii* الفائقة كقاتل للأكاروسات accaricide ، فلقد قام Mc Coy بدراسة إمكانية استخدام هذا الفطـــر تجاريـــا فـــى المكافحـــة الحيويـــة للأكاروسات فى فلوريدا بالاشتراك مـــع معـــامل أبـــوت Abbot Laboratories Inc بالولايات المتحدة .

وشملت التجارب الأولى إنتاج كميات كبيرة من هيفات هذا الفطر تحـــت ظـــروف إنمائه فى بيئة سائلة ، ثم تجهيز معلق من القطع الهيفية ورشها على النباتات المصابـــة بالحلم (Mc Coy et al., 1972 ; Mc Coy & Selhime, 1974) .

ولقد وجد أنه عند رش معلق القطع الهيفية (hyphal fragments) لهذا الفطر على أوراق أشجار الموالح ، فإن هذه الهيفات تنمو ، ثم تتجرثم مكونة لقاحا من كونيديـــات الفطر التى تصيب الحلم . كما وجد أن القطع الهيفية قصيرة العمر تفقد حيويتها بسرعة عند تخزينها حتى فى المخازن المبردة (Mc Coy, 1981) .

وعملت معامل أبوت Abbot laboratories على تطوير إنتاج لقاح هـــذا الفطـــر ، وذلك عن طريق إنتاج توليفة من القطع الهيفية وكونيديات الفطر على صورة مسحوق يتميز بثباته وقابليته للبلل عند معاملته على سطوح الأوراق .

وينتج هذا اللقاح على مرحلتين ، الأولى بإنماء الفطر على بيئة سائلة ، والثانية عن طريق تنمية الفطر على مواد صلبة بالتخمير الهوائى pan fermentation . ويتشابـــه إنتاج لقاح هذا الفطر (*H. thompsonii*) مع إنتاج مســـتحضر البوفـــيرين **Boverin** السابق الإشارة إليه من الفطر *Beauveria bassiana* .

ولقد تم حديثا عزل سلالة من الفطر *Hirsutella thompsonii* من حلم جوز الهند ، وأمكن إنماؤها فى البيئة السائلـــة ، على العكـــس من جميــــع الســـلالات السابقـــة لهـــذا الفطـــر (Hall et al., 1980) .

ويمكن الاستفادة من مثل هذه السلالات الفطرية القابلة للنمو على البيئات الصناعية فى الإنتاج التجارى للقاح الفطرى لمثـــل هـــذه الفطريـــات الممرضـــة للحشـــرات ، والمستخدمة فى المكافحة الحيوية بصورة تجارية .

ز – الفطر *Culicinomyces clavosporous* :

يصيب هـــذا الفطـــر جميــــع أنــــواع باعـــوض الكيـــولكس التـــى تـــم اخـــتبـــارها (Federici, 1981) ، حيث أمكن إنماؤه على بيئات سائلة وإنتاج لقـــاح من الكونيديات بصورة تجارية يستخدم بكفاءة عالية فى المكافحة الحيوية .

وتبلغ قدرة الفطر فى تكوين الكونيديات حـــوالى ١٠٠ مليون كونيدة لكـــل ملليـــتر بيئة سائلة . وعلى الرغم من انخفاض كمية الكونيديات التى يكونها هذا الفطر بالمقارنة ببعض الفطريات الأخرى الممرضة للحشـــرات ؛ مثـــال ذلـــك الفطـــر *Beauveria bassiana* – الذى ينتج سته مليارات من الكونيديات لكل جرام بيئـــة صلبـــة – إلا أن

كفاءة كونيديات الفطر *C. clavisporous* فى قتل الباعوض شديدة ، حيث يصل تركيز الكونيديات اللازمة لقتل ٥٠٪ من يرقات الباعوض (LC 50) إلى حوالى ألف كونيدة لكل ملليلتر من المعلق المستخدم فى المكافحة الحيوية (Sweeney, 1976) .

هـ – الفطر *Aschersonia aleyroidis* :

تتطفل السلالات التابعة لهذا الفطر على الحشرات القشرية scale insects ، حيث استخدمت فى الاتحاد السوفيتى (السابق) فى مكافحة هذه الآفة بكفاءة عالية . كما أمكن إنتاج لقاح هذا الفطر تجاريا باستخدام بعض البيئات السائلة (Osokina & Zhevskij, 1976) .

ولقد اكتشفت حديثا سلالة من الفطر *A. aleyrodis* فى كولومبيا ، أعطت – عند اختبارها – مكافحة حيوية جيدة للذبابة البيضاء داخل الصوب الزجاجية فى هولاندا . كما يباع فى الاتحاد السوفيتى (السابق) مستحضر من أنواع مكتشفة حديثا من هذا الفطر ، حيث أطلق على هذا المستحضر الاسم التجارى بسيلومين **Pecilomin** (Alyeshina, 1979) ، ويجرى حاليا تطوير لهذا المستحضر لتحسين خواصه .

٦ – الفطريات الزيجية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات :

معظم الأنواع التابعة للجنس *Entomophthora* لا يمكن إنماؤها خارج عوائلها على أى نوع من البيئات الطبيعية أو الصناعية ؛ مما يجعل مثل هذه الأنواع الفطرية غير مستعملة تجاريا فى مكافحة الآفات .

ولقد أسفرت البحوث المستمرة فى هذا المجال عن اكتشاف أنواع قليلة تتبع هذا الجنس، يمكنها النمو على البيئات الصناعية وإنتاج نوعين من الجراثيم ، الأول هى الكونيديات – وهى التراكيب الفطرية الممرضة – والثانى هى الجراثيم الساكنة resting spores . وتعتبر الجراثيم الساكنة تراكيب غير ممرضة ، إلا أنها تحافظ على حياة الفطر الممرض فى فترة غياب عائله الحشرى (Latteur, 1980) .

وتعتبر كونيديات الفطريات التابعة للجنس *Entomophthora* قصيرة العمر ؛ حيث إنها سريعة الإنبات مكونة كونيديات أخرى ثانوية ، بينما تبقى الجراثيم الساكنة – سواء أكانت جراثيم زيجية zygospores أم لا زيجيـــــة azygospores – لفـــترات طويلـــة محتفظة بحيويتها حتى تحت الظروف السيئة .

ولقد أمكن إنتاج لقاحات فطرية من بعض الأنواع التابعة لهذا الجنس بصورة تجارية واستخدامها فى المكافحة الحيوية (Latge & Perry, 1980) ، ومن أمثله ذلك الفطر *Conidiobolus obscurus* = *(Entomophthora thaxteriana)* ، وهـــو ممـــرض لحشرات المن aphids فى المناطق ذات المناخ المعتدل ، حيث ينتـــج أجســـاما هيفيـــة عديدة الأنوية غير خلوية عند نموه فى البيئة السائلة .

وعندما يقل مستوى الكربون أو النتروجين فى البيئة السائلة التى ينمو فيها الفطـــر السابق ، يبدأ فى تكوين جراثيمه الساكنة . وتتميز هذه الجراثيـــم – عنـــد نضجـــها – بجدارها السميك ، ووجود قطرة زيتية وحيدة داخلها ، وكبر حجمـــها ؛ حيـــث يصـــل قطرها إلى حوالى ٣٠ – ٤٠ ميكرونا (Latge, 1980) .

ويتم إنتاج هذه الجراثيم الساكنة تجاريا على بيئة تحتوى على محلول منقوع الـــذرة corn steep liquor والجلوكوز ، أو باستعمال بيئة تحتوى على زيـــت الـــذرة الخـــام unrefined corn oil ، حيث ينتج عن نمو الفطر – على مثل هذه البيئات – حوالـــى مليون جرثومة لكل مليلتر (Latge & Perry, 1980) .

وتتميز هذه الجـــراثيم الساكنة بقدرتها على التخزين لفتـــــرات طويلـــة محتفظـــة بحيويتها ، قد تصل إلى أكثر من ستة شهور . وتحتاج الجراثيم إلى فترة برودة قبل أن يتم إنباتها .

ومن الفطريات الزيجية الأخرى التابعة لرتبة الانتوموفثورات الممرضة لحشـــــرات المن aphids فطر *Erynia neoaphidis* = *(Entomophthora aphidis)* ، إلا أن هذا الفطر لا يكون جراثيم ساكنة ، ولكنه ينمو فى البيئة السائلة مكونا أجســـاما هيفيـــة hyphal bodies . ويعيب هذه الأجسام الهيفية عدم قدرتها على الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة ، ويعتبر ذلك إحدى المشاكل الرئيسة فى التطبيق التجارى لاستخدام هذا الفطـــر فى المكافحة الحيوية لحشرات المن .

٧ – الفطريات البيضية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات :

من أهم الفطريات البيضية الممرضة للحشرات الفطر *Lagenidium giganteum* ، وهو من الفطريات الممرضة اختياريا facultative pathogen ليرقـــات البـــاعوض ، بالإضافة إلى مدى عوائلى عريض من الحشرات الأخرى (Federici. 1981) .

ويتميز هذا الفطر بإنتاجه للجراثيم السابحة الثنائية الأهـــداب biflagellate motile zoospores ، التى تعتبـــر الطور الممرض . كما يمكن لهذا الفطر النمو على عديـــد من البيئات الصناعية (Domnas et al., 1974) .

ومن الفطريـــــات الأخـــرى الممرضـــة للحشـــرات ، الأنـــواع التابعـــة للجنـــس *Coelomomyces* – وهو من الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes – حيث يضم هذا الجنس حوالى ٤٠ نوعا ، معظمها ممرض للباعوض – وتعتبر هـــذه الفطريـــات متطفلات إجبارية ؛ لذلك فهى تحتاج إلى عائل وسيط intermediate host .

فعلى سبيل المثال ، يصيب الفطر *C. psorophorae* حشرات البـــاعوض ، بينمـــا يعتبر عائله الوسيط هو حيوان copepod – وهو حيوان صغير من مجدافيات الأرجل – لاستكمال دورة حياته (شكل ٩ – ٣١) (Whistler et al., 1975) .

سابعا - الإنتاج التجارى للفطريات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات :

أوضحـــت الدراســـات الســـابقة أن جميـــع الفطريـــات الممرضـــة للحشـــــــرات mycoentomopathogens تتخصص فى إصابة عوائلها ، لذلك فإن استخدام مثل هذه الفطريات فى المكافحة الحيوية يجب أن يراعى فيه استخدام كمية من اللقاح الفعال فى الوقت المناسب وتحت الظروف المناسبة .

ويشترط فى الفطر المراد استخدامه فى المكافحة الحيوية للحشرات ، إمكانية إنتـــاج وحداته الممرضة بكميات كبيرة وبسعر اقتصادى ، وأن تكون المستحضرات التجاريـــة ثابتة وفعاله ، وقابلة للتخزين لفترات طويلة نسبيا ، وممرضة للعوائل الحشرية المـــراد مكافحتها حيويا بصورة جيدة ولفترة كافية .

ويعتمد إنتاج مثل هذه المبيدات الفطرية fungal insecticides على تكوين الفطر لوحدات ثابتة معدية للحشرة stable insect-infecting fungal propagules . ويتوقف الإنتاج التجارى لهذه الوحدات الفطرية الفعالة على تفهمنا لطبيعة التكنولوجيا الحيوية للفطر fungal biotechnology .

ولقد اهتم الإنسان بمثل هذه التكنولوجيا الحيوية للفطريات لإنتاج مواد هامة متخصصة ، مثل المضادات الحيوية وغيرها من المواد التى تدخل فى الصناعات الدوائية ، وكذلك بعض المواد الأخرى المستخدمة فى الصناعات الغذائية ؛ مثل الأحماض العضوية ، والإنزيمات ، وغير ذلك .

كما تستخدم الفطريات فى عديد من دول العالم فى إنتاج كتلة حيوية biomass تستخدم كغذاء للإنسان مثل فطريات عيش الغراب ، وكذلك فى تصنيع أغذية متخمرة، أو تعديل نكهة وقوام بعض الأغذية وتحسين قيمتها الغذائية .

وتستخدم فى مثل هذه الصناعات السابقة لقاحات فطرية ، تكون – عادة – طازجة ، يتم إنتاجها واستعمالها أولا بأول ، ولا تحتاج إلى تخزين طويل . ومن أمثلة هذه اللقاحات خميرة الخبز وتقاوى عيش الغراب .

وتتشابه إنتاج اللقاحات الفطرية المستخدمة فى مكافحة الآفات fungal pesticides مع إنتاج تقاوى عيش الغراب mushroom spawn فى عديد من النواحى (Lisansky & Hall, 1983) .

فعلى سبيل المثال ، يتم تقييم كفاءة اللقاحين السابقين بعدد الوحدات الفطرية الحية الفعالة التى يتم توصيلها إلى مادة التفاعل (الكومبوست فى حالة تقاوى عيش الغراب ، والآفة فى حالة اللقاح الفطرى المستخدم فى المكافحة الحيوية) .

كما تلعب عوامل عديدة دورا هاما فى تحديد كفاءة اللقاح الفطرى ، مثال ذلك فترة احتفاظ هذه الوحدات الفطرية بحيويتها خلال التخزين shelf-life و قابلية المنتج للتداول handle-ability ، بالإضافة إلى طبيعة فاعلية اللقاح axenic nature وغيرها من العوامل .

ويهتم مزارعى عيش الغراب وكذلك المزارعون المهتمون بمكافحة الحشرات الضارة بمزروعاتهم حيويا بصفات اللقاح الفطرى المستخدم ، والسابق الإشارة إليها ؛

حيث إنها سوف تحدد مدى نجاحهم فى تحقيق الغرض الذى من أجله يتم استخدام مثل هذه اللقاحات الفطرية .

وتختلف اللقاحات الفطرية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للافات عن اللقاح الفطرى المستخدم فى زراعة عيش الغراب (التقاوى spawn) فى أن الأولى يتم خلالها إنتاج تراكيب فطرية معينة تتطلب ظروفا خاصة للإنتاج ، بينما ينحصر الأمر – فى إنتاج تقاوى عيش الغراب – فى نمو الميسليوم الفطرى على حبوب بعض النجيليات .

ويتشابه إنتاج اللقاح فى كل من الحالتين السابقتين فى الاهتمام بالنواحى الصحية وحماية جميع مراحل الإنتاج من التلوث الميكروبى ، وتعقيم البيئة المستخدمة فى النمو بالأوتوكلاف ، بالإضافة إلى العناية بحفظ اللقاح تحت ظروف مبردة لحين توزيعه واستعماله لدى المزراعين .

ويتم إنتاج اللقاحات الفطرية المستخدمة فى المكافحة الحيوية عادة على بيئات صلبة أو سائلة ، وقد يتطلب الأمر تنمية هذه الفطريات أولا على بيئة سائلة لتكوين اللقاح الأولى ، ثم استعمال هذا اللقاح لزراعة الفطر على مسطحات من بيئات صلبة لإنتاج جراثيم الفطر .

ويستعمل عادة الأجار فى تجهيز البيئات الصلبة ، إلا أن ذلك يكون مكلفا فى حالة الإنتاج التجارى ، لذلك تستخدم حبوب بعض النباتات النجيلية ، وأحيانا بعض المخلفات العضوية الرخيصة الثمن فى إنتاج لقاحات هذه الفطريات الممرضة للحشرات .

ويعيب استخدام هذه المخلفات العضوية فى إنماء الفطريات السابقة ، بطء نمو هذه الفطريات عليها ، مما يجعل الوقت اللازم لإنتاج مثل هذه اللقاحات الفطرية طويلا نسبيا . كما تتعرض هذه المخلفات العضوية للتلوث بعديد من الأحياء الدقيقة الأخرى، مما يؤثر على إنتاج لقاح الفطريات الممرضة للحشرات كما ونوعا .

١ – تخزين اللقاح الفطرى :

يتبع – عادة – إنتاج اللقاحات الفطرية فى المعامل بكميات صغيرة نسبيا ؛ حيث يتم

حفظها بعدة وسائل ، مثل التجفيد freeze - dried ، وتحت زيـــت البـــارافين ، وفـــى ظروف التبريد بالنتروجين السائل وغير ذلك .

إلا أن مثل هذه الطرق لا تتاسب تخزين مئات الأطنان من المسحوق القـــابل للبلـــل للقاحات الفطرية المستخدمة فى مكافحة الافات ، ولمدة قد تصل إلى أكثر من ثمانيـــة عشر شهرا (Couch & Ignoffo, 1981) تبعا للطلب على هذه المستحضرات .

وقد تكون فترة تخزيـــن المستحضر الفطرى من المشكلات الأقل أهمية ، إذا عرف – مقدما – المدة التى سوف يخزن خلالها ذلك المستحضر ، وذلـــك بتحديـــد موعـــد استخدام المستحضر لمكافحة آفة معينة تنشط فى وقت محدد ، وبالتالى يتم الإنتاج فـــى وقت تراعى فيه مدة التخزين المناسبة .

ولقد تعرضت بعض الدراسات لهذا الموضوع الهام ، حـــــيث وجـــد الباحثـــان (Clerk & Madelin (1965 أن ٩٩٪ من كونيديات الفطـــــر *Beauvria bassiana* تحتفظ بحيويتها لمدة سنة تحت ظروف التخزين فى جو جاف (صفر٪ رطوبة نسبية) وعند حرارة ٨ م ، بينما عند التخزين علـــــى حـــرارة ١٨ م ورطوبـــة نســـبية ٢٩٪ انخفضت نسبة الكونيديات الحية إلى ٥٣٪ .

وفى دراسة أخرى ، وجد (Ward & Roberts (1981 أن إضافة بعض معـــــادن التربة مثل الكاؤلينت Kaolinite يساعد على بقاء الفطر *B. bassiana* محتفظا بحيويته عند حرارة ٢٦ م ، حيث فقدت هذه الكونيديات حوالى ٧٠٪ من حيويتها بعد التخزيـــن لمدة سنة على درجة الحرارة السابقة ، بينما فقدت الكونيديات غير المعاملـــــة حوالـــى ٩٤٪ من حيويتها .

وتعتبر كونيديات الفطر *Metarhizium anisopliae* فائقة الحساسية عند تخزينـــــها فى نسبة رطوبة متوسطة ، بينما يؤدى التخزين عند صفر٪ رطوبة نســـبية ، أو عنـــد رطوبة نسبية عالية قريبة من التشبع إلى بقاء نسبه من الكونيديـــــات محتفظة بحيويتها (Clerk & Madelin, 1965) .

فلقد وجد الباحثان السابقان أن التأثير الضار للرطوبـــة النســـبية المتوســطة علـــى كونيديات الفطر *M. anisopliae* يمكن تجنبه – لفترة محدودة – عن طريق زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون أو تقليل نسبة الأكسوجين .

وكذلك الحال فى اللقاحات التجاريـــة للفطـــر *Hirsutella thompsonii* المنتجـــة بواسطة معامل أبـــوت Abbott Lab ، حيث وجد أن تلك اللقاحات التـــى عرضـــت إلى درجة حرارة ٢٥ ± ١ م ورطوبة نسبية ١٪ ظلت محتفظة بحيويتها لمـــدة ســـتة أشهر ، بينما احتفظت اللقاحات الفطرية المحفوظة عند ٤ م – تحـــت نفـــس ظـــروف الرطوبة السابقة –بحيويتها لمدة تزيد على سنة كاملة (Mc Coy & Couch, 1978).

٣ – آفاق المكافحة الحيوية باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات :

يهتم العاملون فى مجال مكافحة الحشرات الضارة بصحـــة الإنســـان ومحاصيلـــه الاقتصادية باستخدام الفطريات كأحد الكائنات الحية الدقيقة التى تقضى على الآفـــات ، فى صناعة المستحضرات الخاصة بالمكافحة الحيوية ، وخاصة بعد ظـــهور ســـلبيات الإسراف فى استخدام المطهرات الكيميائية ، والتى أدت إلى تلوث البيئة وقتل الأعـــداء الطبيعية لهذه الآفات .

ولقد نشطت البحوث العلمية فى محاولات جادة لحل المشكلات الناجمة عن استخدام الفطريات فى المكافحة الحيوية ، والتغلـــب علـــى عيـــوب المســـتحضرات الفطريـــة التجاريـــة . ومن المجالات الهامة التى تتناولها مثل هذه البحوث بالدراسة ، زيادة ثبات الوحدات الفطرية الممرضة للحشرات ، وبقاؤها لفترة أطول محتفظة بحيويتها ، وزيادة معدل إنبات الجراثيم بإضافة مواد مشجعة للإنبات ، وغير ذلك من عوامل تزيـــد مـــن فاعلية المستحضر الفطرى .

كما تهتم البحوث العلمية بدراسة آلية فعل هذه الفطريات الممرضة للحشرات ، مـــن ناحية إفرازها للإنزيمات الخارجية المحلله للشيتين chitinases والإنزيمـــات المحللـــة للبروتينات proteases وللدهون lipases ، والتى تحدد قدرة الفطر على اختراق جليـــد الحشرة .

وحيث إن الظروف الخارجية تلعب دورا هاما فى نشاط هذه الفطريات الممرضـــة للحشرات ، فإن دراسة قدرة بعض هذه الفطريات على تحمل الظروف الســـيئة تعمـــل على إطالة مدة فاعلية هذه المستحضرات الفطرية ، وبالتالى زيادة نسبة الحشرات التى يمكن قتلها .

وفى النهايـــة ، فإن تعديل صفات الفطر الممرض للحشرة من الناحية الوراثيـــة – فيما يسمى بالهندسة الوراثية – يفتح أفاقا جديدة لإنتاج ســلالات معدلــة وراثيــا مــن الفطريات القادرة على الفتك بالآفات الهامة كالمن والتربس والذباب الأبيـــض والحلـــم وغيرها ، بتكاليف محدودة ، وبتلوث أقل للبيئة .

خامسا ـ المراجع References :

Adamek. L. (1965). Submerged cultivation of the fungus. *Metarhizium anisopliae*. Folia Microbiologia (Praha) 10 : 255 - 257 .

Al -Aidroos. K. and D. W. Roberts (1978). Mutants of *Metarhizium anisopliae* with increased virulence towards mosquito larvae. Cand. J. Gen. & Cytol., 20 : 211 - 219 .

Alasoadura. S. O. (1966) . Studies in the higher fungi of Nigeria. I. Macrofungi associated with termite nests. Nova Hedwigia. 11 : 387 - 393.

Alasoadura. S. O. (1967) . Studies in the higher fungi of Nigeria. II. The genus *Termitomyces* Heim. Journal of the west African Scientific Association. 129 : 139 - 146 .

Alford. D. V. ; D. A. Cooper and J. H. Williams (1991) . Insect pests of oilseed rape. Home grower cereals Authority Oilseeds Research Review No. 051 .

Alyeshina. O. A. (1979) . Status and prospects of the study of entomopathogenic fungi in the USSR. Proceedings of the First Joint US/USSR Conference on the Production. Selection, and Standardisation of Entomopathogenic Fungi of Project V. Microbiological Control of Insect Pests of the US/USSR Joint Working Group on the Production of Substances by Microbiological Means. Edited by C. M. Ignoffo. pp. 21 - 34 . USDA/SEA/FR.

Aquino. M. DE. L. ; Vital. A. F. ; Cavalcanti. V. A. L. B. and Nascimento. M. G. (1977) . Culture de *Metarhizium anisopliae* em sacos de polipropileno (Nota Previa) . Bol. Tecn. da CODECAP (Recife. Pernambuco) 5 : 7 - 11 .

Barson. G. (1977) . Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* as a pathogen of the larval stage of the large elm bark beetle. *Scolytus scolytus*. Journal of Invertebrate Pathology. 29 : 361 - 366 .

Batra. L. R. & S. W. T. Batra (1979) . Termite - fungus mutualism. In Batra. L. R. (Ed) . Insect - fungus symbiosis - pp. 117 - 163 . New Jersey : Allanheld. Osmun & Co.

Bell, J. V. (1975) . Production and pathogenicity of the fungus. *Spicaria rileyi* from solid and liquid media. Journal of Invertebrate Pathology. 26 : 129 - 130 .

Benjamin. R. K. (1971) . Introduction and supplement to Roland Thaxter's contribution towards a monograph of the Laboulboniaceae. Bobliotheca Mycologica. 30 : 1 - 155 . Cramer. Lehre .

Benjamin, R. K. (1973). Laboulbeniomycetes. pp. 223 - 246 in The Fungi. an advanced treatise ; vol. IV , a taxonomic review with keys ; Ascomycetes and fungi impercti. Eds. G. C. Ainsworth ; F. K. Sparrow and A. S. Sussman - Academic Press. New York .

Benjamin, R. K. and L. Shanor (1952) . Sex of host specificity and position specificity of certain species of *Laboulbenia* on *Bembidion picipes*. Am. J. Bot., 39 : 125 - 131 .

Berisford, Y. C. and C. H. Tsao (1975) . Appressorium formation by *Aspergillus parasiticus* on Bagworm cutiticle. Ann. Entomol. Soc. Amer., 68 : 1111 - 1112 .

Berkeley, M. J. (1843) . On some entomogenous Sphaeriae. Hooker London. J. Bot., 2 : 205 - 211 . pl. 8.

Blachere, H. ; Calvez, J. ; Ferron, P. ; Corrieu, G. and Peringer, P. (1973) . Etude de la formulation et de la conservation d'une preparation entomopathogene a base de blastospores de *Beauveria tenella* (Delacr. Siemaszko) . Annales de Zoologie Ecologie Animale, 5 : 69 - 79 .

Blackeman, J. P. (1980) . Behaviour of conidia on aerial plant surfaces. In The Biology of *Botrytis* (Eds.) J. R. Coley-Smith ; K. Verhoeff and W. R. Jarvis). pp. 126 - 151 . Academic Press ; New York.

Blackwell, M. and . L. Gibertson (1984) . New information on *Cordycepioideus bisporus* and *Cordycepioides octosporus* . Mycologia, 76 : 763 - 765 .

Blackwell, M. and D. Malloch (1989) . *Pyxidiophora* (Pyxidiophoraceae) : A link between the Laboulbeniales and hyphal Ascomycetes. Memoirs of the New York Botanical Garden, 49 : 23 - 32.

Brey, P. T. ; J. P. Latge and M. C. Prevost (1985) . Integumental penetration of the pea aphid *Acythosiphon pisum* by *Conidiobolus obscurus* (Entomophoraceae) . Journal of Iinvertebrate Pathology, 48 : 34 - 41 .

Butt, T. M. (1990) . Fungal infection processes . a minireview. V th International Colloquium on invertebrate pathology, Adelaide, pp. 121 - 124 . Society for Invertebrate Pathology, Adelaide

Butt, T. M. ; M. Barrisever ; J. Drummond ; T. H. Schuler ; F. T. Tillemans and N. Wilding (1992) . Pathogenicity of the entomogenous hyphomycete fungus *Metarhizium anisopliae* againt the chrysomelide beetles *Psylliodes chrysocephala* and *Phaedon cochleariae*. Biocontrol Science and Technology, 2 : 325 - 332 .

Butt, T. M. ; L. Ibrahim ; B. V. Ball and S. J. Clark (1994) . Pathogenicity of the entomogenous hyphomycete fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against crucifer pests and the honey bee. Biocontrol Sience and Technology, 4 : 207 - 214 .

Cannon, P. F. ; D. L. Hawksworth and M. A. Sherwoodpike (1985) . The British Ascomycotina, an annotated chrecklist. Commonwealth Agricultural Bueaux, Slough, U. K.

Christensen, C. M. (1965) . The molds and man . 3rd Edition . 284 pp. University of Minnesota Press, Minneapolis .

Clerk. G. C. and Madelin. M. F. (1965) . The longevity of conidia of three insect-parasitising hyphomycetes. Transactions of the British mycological Society. 48 : 193 - 209 .

Coaton. W. G. H. (1961) . Association of termites and fungi. African Wild Life. 15 : 39 - 54 .

Cooke. M. C. (1892) . Vegetable wasps and plant worms. Lonon. Society for Promoting Christian Knowledge. 364 pp.

Cooke. R. C. (1977) . Fungi. man and his environment. VII Secrect gardens and insect hosts. pp. 83 - 98 . Longman Group. Limited. London. U. K.

Couch. T. L. and Ignoffo. C. M. (1981) . Formulation of insect pathogens. In Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970 - 1980 . pp. 621 - 634. Edited by H. D. Burges. Academic Press : London and New York .

Day. S. : R. Beyer : A. Mercer and S. Ogdem (1990) . The nutrient composition of honey bee-collected pollen in Otago. New Zealand. Journal of Apicultural Research. 29 (3) : 138 - 146 .

De Bary . A. (1884) . Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze. Mycetozoan und Bacterien. W-Engelmann. Leipzig p. 558 .

Doidge. E. M. (1950) . The South African fungi and Lichens. Bothalias. 1094 pp.

Domnas. A. ; Giebel. P. E. and Mcinnis. T. M. (1974) . Biochemistry of mosquito infection : preliminary studies of biochemical change in *Culex pippiens quinquefasciatus* following infection with *Lagenidium giganteum*. Journal of Invertebrate Pathology. 24 : 293 - 304 .

Du Halde. P. (1736) . The general history of china-4 : 41 - 42 . London. John Watts .

Ellis. E. C. ; D. R. Penman and R. E. Gaunt (1988) . Thrips as potential vectors of brown rot of stone-fruit in New Zealand . in Proceedings of the 41st Weed and Pest Control Conference (ed. A. J. Popay) pp : 286 - 287 . Swiftprint centre Ltd. Palmerston North. New Zealand .

Evans. H. C. (1974) . Natural Control of arthropods. with special reference to ants (Formicidae) . by fungi in the tropical high forest of Ghana. Journal of Applied Biology. 11 : 37 - 49 .

Evans. H. C. (1982) . Entomogenous fungi in tropical forest ecosystems : an appraisal Ecological Entomology. 7 : 47 - 60 .

Evans. H. C. and R. A. Samson (1982) . Entomogenous fungi from the Galapagos islands. Canadian Journal of Botany. 60 : 2325 - 2333 .

Evans. H. C. and R. A. Samson (1987) . Fungal pathogens of spiders. The Mycologist. 21 (4) : 152 - 159 .

Fargues. J. ; Robert. P. H. and Vey. A. (1976) . Role du tegument et de la defense cellulaire des Coleopteres hotes dans la specificite des souches entomopathogenes de *Metarhizium anisopliae*. Comptes Rendus hebdoma daires des Seances de l'Academie des Sciences 282 : 2223 - 2226 .

Fargues. J. : Robert. P. H. and Reisinger. O. (1979) . Formulation des productions de masse de l'hypomycete entomopathogene *Beauveria* en vue des applications phytosanitaires. Annales de Zoologie-Ecologie Animale. 11 : 247 - 257 .

Federici. B. A. (1977) . Differential pigmentation in the sexual phase of *Coelomomyces* . Nature. 267 : 514 - 515 .

Federici. B. A. (1981) . Mosquito control by the fungi. *Culicinomyces. Lagenidium* and *Coelomomyces*. In Microbial Control of Pests and Plant Diseases. 1970-1980. pp. 555-572. Edited by H. D. Burges. Academic Press. London and New York .

Fermaud. M. and R. E. Gaunt (1995) . *Thrips obscuratus* as a potential vector of *Botrytis cinerea* in Kiwifruit. Mycol. Res. 99 (3) : 267 - 273 .

Ferron. P. (1981) . Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In Microbial control of Pests and Plant Diseases Burgess. Academic Press. London and New York .

Fisher. P. J. : D. J. Stradling and D. N. Pegler (1994) . Leaf cutting ants. their fungus gardens and the formation of basidiomata of *Leucoagaricus gongylophorus*. Mycologist. 8 (3) : 128 - 131 .

Foelix. R. F. (1982) . Biology of spiders. Cambrideg. Massachusetts. Harvard Univ. Press. 306 pp.

Gams. W. (1971) . *Cephalosporium* - artige schimmelpilze (Hyphomcetes) . Stuttgant : G. Fisher. 262 pp.

Gerald. S. O. : H. C. Evans and J. Eilenberg (1997) . *Cordycepioideus* . a pathogen of termites in kenya. The Mycologist. 11 (1) : 7 - 9 .

Goral. V. M. (1975) . Morphological characteristics of development of the entomopthogenic fungus. *Beauveria bassiana*. in deep cultures. Mikol. Fitopatol. 9 : 98 - 103 .

Gray. R. C. (1858) . Notices of insects that are known the bases of fungoid parasites. London : Privately Printed. 22 pp.

Gustafsson. M. (1969) . On the species of thegenus *Entomophthora* Fres. in sweden. III. Possibility of usage in biological control. Lantbruk schogskolans. Annaler. 35 : 235 - 274 .

Hall. R. A. (1980) . Control of aphids by the fungus. *Verticillium lecanii* : effect of spore concentration. Entomologia Experimentalis et Applicata 27 : 1 - 5 :

Hall. R. A. (1981) . The fungus. *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In Microbial Control of Pests and Plant Diseases. 1970 - 1980. pp. 483 - 498. edited by H. D. Burges. Academic Press. London and New York .

Hall. R. A. and Latge J. P. (1980) . Etude de quelques facteurs stimulant la formation in vitro des blastospores de *Verticillium lecanni* (Zimm.) Viegas Comptes Rendus hebdomadaires des Seances de l'Academie de Sciences 291 : 75 - 78 .

Hall. R. A. and B. Paprierok (1982) . Fungi as biological control agents of arthropods of agricultural and medical importance. Parasitology. 84 : 205 - 240 .

Hall. R. A. : Hussey. N. W. and Mariau. D. (1980). Results of a survey of biological control agents of the coconut mite. *Eriophyes guerreronis*. Oleagineux 35 : 395 - 400 .

Hartig. T. (1844) . Ambrosia de Botrichusi dispar. Allgemeine Forstzeitung und Jagdzeitung. 13 : 73 - 76 .

Heim. R. (1958) . Genre *Termitomyces* . Flore Iconographique des Champignons du Congo. 7 : 139 - 151 .

Heim. R. (1977) . *Termites* et champignons. Paris : Boubee .

Hudson. H. J. (1986) . Fungal biology . IX. Fungi as symbionts with insects. pp. 242 - 263. (ed E. Arnold) London. U. K.

Hunt. D. W. A. ; J. H. Borden ; J. E. Rahe and H. S. Whitney (1984) . Nutrient mediated germination of *Beauveria bassiana* conidia on the integument of the bark beetle *Dendroctonus ponderosae* (Cleoptera. Scolytidae) . Journal of Invertebrate Pathology. 44 : 304 - 314 .

Hussey. N. W. & Tinsley. T. W (1981) . Impressions of insect pathology in the People's Republic of China. In Microbial Control of Pests and Plant Diseases. 1970 - 1980 . pp. 785 - 795 . Edited by H. D. Burgess. Academic Press, London and New York .

Ignoffo. C. M. (1981) . The fungus. *Normuraea rileyi* as a microbial insecticide. In Microbial Control of Pests and Plant Diseases. 1970 - 1980. pp. 513 - 538. Edited by H. D. Burgess. Academic Press. London and New York .

Koboyasi. Y. and D. Shimizu (1983) . Iconogaphy of vegetable wasps and plant worms. Osaka. Japan : Hoikusha Publ. Co. 280 pp.

Kohlmeyer. J. (1973) . Spathulosporales. a new order and possible missing link between Laboulbeniales and Pyrenomycetes. Mycologia. 65 : 614 - 647 .

Krassilstchik. I. M. (1888) . La production industrielle des parasites vegetaux pour la destruction des insectes nuisibles. Bull. Sci. France. 19 : 461 - 472 .

Latge. J. P. (1980) . Sporulation de *Entomophthoa obscura* Hall et Dunn en culture liquide. Canadian Journal of Microbiology 26 : 1038 - 1048 .

Latge. J. P. and Perry. D. (1980) . Utilization of an *Entomophthora obscura* resting spore preparation in biological control experiments against cereal aphids. organisation Internationale de Lutte biologique/Section Regionale Ouest alearctique Bulletin III. 4 : 19 - 25 .

Latteur. G. (1980) . The persistence of infectivity of conidia of *Entomophthora obscura* at different temperatures on the surface of an unsterillised soil Actaoecologica: Occologia Applicata 1 : 29 - 34 .

Leatherdale. D. (1958) . A host catalogue of British entomogenous fungi. The Entomologist's Monthly Magazine. 64 : 108 - 110 .

Lisansky. S. G. and R. A. Hall (1983) . Fungal control of insects. pp. 327 - 345. in (The Filamentous Fungi : Vol 4. Fungal Technology) . J. E. Smith et al., (Eds). Edward Arnold (Pub) . London .

Lopez-L`lorca, L. V. (1993) . Aphid infection by the entomopathogen *Erynia neoaphidis* . The Mycologist, 7 (4) : 166 - 168.

Magalhaes, B. P. (1990) . Formation of appressoria in vitro by the entomopathogenic fungus *Zoophthora radicans* (Zygomycetes : Entomophthorales) . Journal of Invertebrate Pathology, 55 : 284 - 288 .

Martin, M. M. and J. S. Martin (1970) . The Biochemical basis for the symbiosis between the ants , *Atta colombica tonsipes* and its fungus food. Journal of insect Physiology, 16 : 109 - 199 .

Martin, M. M. and J. S. Martin (1978) . Cellulose digestion in the midgut of the fungus-growing termite. *Macrotermes natalensis*, the role of aquired digestive enzymes. Sciene, Washington, 199 : 1453 - 1455.

Martin, M. M. and J. S. Martin (1979) . The distribution and origin of the cellulolytic enzymes in the higher termite *Macrotermes natalensis* . Physiological Zoology, 52 : 11 - 21 .

McCoy, C. W. (1981) . Pest control by the fungus, *Hirsutella thompsonii*. In Microbial Control of Pests and plant Diseases 1970-1980, pp. 499 - 512. Edition by H. D. Burges. Academic Press, London and New York.

McCoy C. W. and Couch T. L. (1978) . *Hirsutella thompsonii* : a potential mycoacaricide. Developments in Industrial Microbiology, New York, 20 : 89 - 96.

McCoy C. W. and Selhime. A. G. (1974) . The fungus pathogen, *Hirsutella thompsonii*, and its potential for control of the citrus mite in Florida. Proceedings of the International Citrus Congress, Murcia Spain (1973) . vol. 2 : 521 - 527 .

McCoy C. W. ; Hill A. J. & Kanavel, R. F. (1972) . A liquid medium for the large-scale production of *H. thompsonii* in submerged culture. Journal of Invertebate Pathology 19, 370 - 374 .

Metschnikoff, E. (1879) . Diseases of the larva of the grain weevil. Insects harmful to agriculture (series) . Issue III, The grain weevil. Published by the Commission attached to the Odessa Zemstvo office for the investigation of the problem of insects harmful to agriculture, Odessa. pp. 32.

Milner, R. J. and J. A. Staples (1996) . Biological control of termites : results and experience with a CSIRO project in Australia. Biocontrol Science & Technology 6 : 3 - 9 .

Moller, A. (1893) . Die Pilzgarten einiger sudamerikanischer Ameisen. (Ed. by A. F. W. Schimper) pp. 65 - 81. Jena Verlag von Gustaf Fisher .

Ochiel, G. R. S. (1995) . Biology and biocontrol potential of *Cordycepioides bisporus* Stifler and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith on the higher termite *Macrotermes subhyalinus* (Rambur) in Kenya. Ph. D. Thesis Royal Veterinary & Agricultural University, Copenhagen, Denmark .

Ochiel. G. S. ; H. C. Evans and J. Eilenberg (1997) . *Cordycepioideus*, a pathogen of termites in Kenya. Mycologist, 11(1) : 7 - 9 .

Ondrej, M. (1973) . The parasitic fungus *Botrytis fabae* Sard. in connection with sucking insects. Biologia (Bratislava) . 28 : 57 - 63 .

Osokina. G. A. and Zhevskij. S. S. (1976) . Practice adopted to control *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouses. Zashchita rastenii. Moscow 2 : 28 - 29 .

Pegler. D. N. , Y. J Yao and Y. Li (1994) . The chinese caterpillar fungus. Mycologist. 8 (1) : 3 - 5 .

Perior. C. (1990) . The biological basis for regulating the release of microorganisms with particular reference to the use of fungi for pest control. Aspects of Applied Biology. 24 : 231 - 238 .

Peyritsch. J. (1875) . Uber Vorkommen und Biologie von Laboulbeniaceae : Sitzungsberichte kaisertichen Akademic der Wissenshaften. Mathematische Naturewissenschaftliche Classe. Abt. I (Wien) . 71 : 377 - 385 .

Piearce. C. D. (1987) . The genus *Termitomyces* in Zambia . The Mycologist 21 (3) : 111 - 116 .

Prasertphon. S. and Y. Tanada (1969) . Mycotoxins of Entomophthoraceous fungi. Hilgardia. 39 : 581 - 600 .

Riba. G. and Glandard. A. (1980) . Mise au point d'un milieu nutritif pou la culture profonde du champignon entomopathoge *Nomuraea rileyi*. Entomophaga 24. 317 - 322 .

Richards. A. G. and M. A. Brooks (1958) . Internal symbiosis in insects. Ann. Rev. Ent. 3 : 37 - 56 .

Robin. C. P. (1853) . Histoire Naturelle des vegetaux parasites qui Croissent sur l'Homme et su les Animaux vivants. J. B. Baillire. Paris. p. 702. Atlas p. 24 .

Robinson. R. K. (1966) . studies on penetration of insect integument by fungi. Pest Articles and News Summaries. 12 : 131 - 142 .

Saccardo. P. A. (1878) . Enumeratio pyrenomycetum Hypocreaceorum hucusque congnitorum systemate carpologico dispositorum. Michelia. 1 : 277 - 325 .

Saito. T. and J. Aoki (1983) . Toxicity of free fatty acids on the larval surfaces of two lepidopterous insects towards *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.. and *Paecilomyces fumosa - roseus* (Wize) Brown et Smith (Deuteromycetes : Moniliales) . Applied Entomology and Zoology. 18 : 225 - 233 .

Samson. R. A. (1974) . *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. Studies in Mycology . 6 : 119 pp.

Samson. R. A. and H. C. Evans (1973) . Notes on entomogenous fungi from Ghana. I. The genera *Gibellula* and *Pseudogibellula*. Acta Botanica Neerlandica. 22 : 522 - 528 .

Samson. R. A. and H. C. Evans (1974) . Notes on entomogenous fungi fom Ghana . II. The genus *Akanthomyces*. Acta Botanica Neerlandica. 23 : 28 - 35 .

Samson. R. A. & Evans. H. C. (1975) . Notes on entomogenous fungi from Ghana. III. The Genus *Hymenostilbe*. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Amsterdam 78 : 73 - 80 .

Samson. R. A. & H. C. Evans (1982) . *Clathroconium*. a new helicosporous Hyphomycete genus from spiders. Canadian Journal of Botany 60. 1577 - 1580 .

Samson. R. A.; H. C. Evans & J. P. Latge (1987) . An Atlas of Entomopathogenic fungi. Berlin : Springer-Verlag .

Santamaria. S. ; J. Balazu and I. I. Tavares (1991) . Distribution of the European Laboulbeniales (Fungi. Ascomyctina) . an annotated lest of specie. Treballs de l'institut Botanic. 14 : 5 - 123 .

Scheloske. H. W. (1969) . Beitrage zu Biologie. Okologie und Systematik der Laboulbeniales (Ascomycetes) unter besonderer Berucksichtigung des parasit Wirt-Verhalthnisses. Parasitologische Schriftenreiche. 19 : 1 - 176 .

Schildknecht. H. and K. Koob (1971) . Myrmicacin. the first insect herbicide. In Angewandte Chemie. international edition. 10 : 124 - 125 .

Schmidberger. J. (1836) . Naturgeschichte des Apfelbrokenkafers *Apate dispar*. Bitrager Obstbaumzucht Naturgesellschaft Obstbaumen Schadlichen Insekten. 4 : 313 - 330 .

St Leger. R. J. ; T. M. Butt ; M. S. Goettel; R. C. Staples and D. W. Roberts (1989) . Production of appressoria by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* . Experimental Mycology. 13 : 274 - 288 .

Stifler. C. B. (1941) . A new genus of Hypocreales. Mycology. 33 : 82 - 86 .

Sweeney. A. W. (1976) . Bioassay of *Culicinomyces* in mosquit larvae. Proceedings of the First International Cooloquium on Invertebrate Pathology and IXth Annual Meeting Society for Invertebrate athology. pp. 30 - 34 .

Tavares. I. I. (1985) . Laboulbeniales (Fungi. Ascomycetes) . Mycologia Memoir. 9 : 1 - 27 . Cramer. Brawnscheweig. Germany .

Tyrell. D. (1977) . Occurrence of protoplasts in the natural life cycle of *Entomophthora egressa*. Experimental Mycology. 1 : 259 - 263 .

Ward. M. G and Roberts. D. W. (1981) . Viability of *Beauveria bassiana* conidia stored with formulation carriers and diluents. Society for Invetebrate Pathology Program SIP XIV Annual Meeting. Montana State University. Bozeman. Montana. 17 - 21 August 1981. pp. 30 - 31 .

Webester. J. (1980) . Introduction to fungi. Cambridge Uni. Pess. Cambridge. 669 pp.

Weir. A. (1994) . Further records of Laboulbeniales from collections of British Coleoptera. Mycological Recearch. 98 : 433 - 444 .

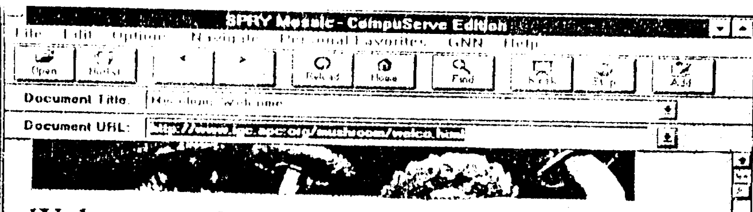
Weir. A. and G. Beakes (1995) . An introduction to the Laboulbeniales : a fascinating group of entomogenous fungi. Mycolgist. . 9 (1) : 6 - 10 .

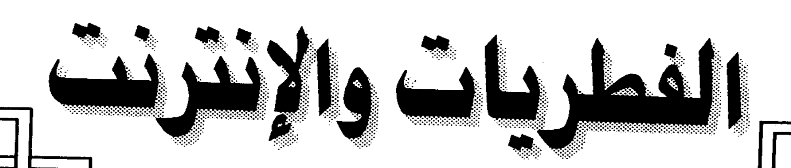
Westwood. W. W. (1842) . Proceedings of learned societies. Entomological Society. March 1st 1841. Ann. Mag. Nat. Hist.. 8 : 217 - 222 .

Whistler. H. C. Zebold. S. L. & Shemanchuk. J. A. (1975) . Life history of coelomyces psorophorae. Proceedings of the National Academy of Sciences. U. S. A. 72. 963 - 6 .

Whistler. H. C. ; Zebold. S. L. and Shemanchuk J. A. (1975) . Life history of *Coelomoyces psorophore*. Proceedings of the National Academy of Sciences. U. S. A. 72 : 963 - 966 .

الباب العاشر





الفطريات والإنترنت

الباب العاشر

موقع عالم الفطريات على شبكة الإنترنت

Fungi & Internet

مقدمة :

ربطت شبكة المعلومات العالمية International network بين شعوب الأرض عبر الكابلات الأرضية والبحرية ، والألياف الضوئية والأشعة القصيرة الموجة (الميكروويف) ودوائر الأقمار الصناعية ، وأصبح البعيد متاحاً وفى متناول أيدينا ، نشاهده ونحاوره ، حتى شاع بيننا استخدام الاسم المختصر لشبكة المعلومات وهو الإنترنت Internet .

ولقد بدأت شبكة المعلومات العالمية منذ ما يقرب من ربع قرن ، وذلك من خلال شبكة وزارة الدفاع الأمريكية ، التى صممت بغرض دعم الأبحاث العسكرية ، وهى شبكة Advanced Research Projects Agency ، والتى اختصر اسمها إلى " أربانت ARPANET " .

وتعتبر شبكة الإنترنت وسيلة هامة للتخاطب وتبادل ونقل المعلومات فى كافة نواحى الحياة للملايين فى جميع أنحاء العالم . ولقد ظهرت أعداد متزايدة من مراكز المعلومات الخاصة بالفطريات فى شبكة المعلومات الدولية ، يجد فيها الدارسون والباحثون فى مختلف المجالات البحتة والتطبيقية للفطريات مصدراً دائماً ومتجدداً للمعلومات التى تفيدهم كل فى تخصصه .

أولاً : مجالات الاستفادة من شبكة الإنترنت فى دراسة الفطريات:

يمكن لنا – فى هذه العجالة السريعة – إلقاء الضوء على مجالات الاستفادة من شبكة المعلومات الدولية للعاملين فى دراسة وبحوث الفطريات :

١ – الإطلاع على المجلات الدورية المتخصصة فى مجال دراسة وبحوث الفطريات .

٢ – الاتصال بالجمعيات والهيئات العلمية المتخصصة فى مجال الفطريات .

٣ – الاطلاع على " كتالوجات " مراكز حفظ المزارع الفطرية العامة والمتخصصة.

٤ – تبادل المعلومات بين الباحثين ومراكز بحوث الفطريات .

٥ – نشر البحوث العلمية فى مجال الفطريات .

٦ – إجراء المؤتمرات العلمية ومناقشة الموضوعات العلمية الخاصة ببحوث الفطريات .

٧ – شراء أجهزة المعامل والكيماويات الخاصة بإنماء الفطريات .

٨ – الاطلاع على الجديد فى النواحى التطبيقية للفطريات ؛ مثل زراعة عيش الغراب ، ومكافحة الآفات حيوياً باستخدام بعض العزلات الفطرية .

٩ – الاطلاع على الإصدارات الحديثة من الكتب والمراجع العلمية فى مختلف مجالات الفطريات البحتة والتطبيقية .

١٠ – طرح بعض المشكلات البحثية التى يصادفها العاملون فى مجال الفطريات على شبكة المعلومات الدولية على أمل إيجاد حل لها عن طريق مراكز البحوث المتخصصة والباحثين العاملين فى هذا المجال .

ومما سبق تتضح أهمية التعرف على طريقة التعامل مع شبكة المعلومات الدولية ، خاصة للعاملين والباحثين فى مجال الفطريات ، لما يحمله لنا من جديد فى كل لحظة تمر ، سواء اكتشاف فطر جديد ، أم مادة حيوية فعالة تفيد الإنسانية ، أم مكافحة آفة باستعمال أحد الفطريات ، أم غير ذلك من نواحى الحياة المختلفة التى تربط حياتنا بالفطريات .

ثانيا : استعمال شبكة المعلومات الدولية :

يقصد بشبكة المعلومات Network اتصال حاسبين آليين كل منهما بالآخر ، أو ارتباط عدد من الحاسوبات بعضها ببعض ، بحيث يتم خلال ذلك نقل المعلومات وتداول البيانات . وقد يكون ذلك من خلال شبكة محلية Local Area Network (LAN) ، ترتبط بعضها ببعض عن طريق الكابلات ، أو قد

تكون هذه الشبكة واسعة المدى Wide Area Network ترتبط بعضها ببعض عن طريق خطوط التليفون بواسطة القمر الصناعى أو الموجات القصيرة (الميكروويف) .

وفى مجال الإنترنت ، تستخدم الشبكات الواسعة المدى ؛ وذلك على صورة مجموعة من الأجهزة فى أماكن متباعدة عن بعضها كل البعد ، حيث يتم الارتباط بين برنامجين منفصلين ، يعمل كل منهما على حاسب منفصل ، يسمى الأول الخادم Server ، بينما يطلق على الثانى العميل Client .

وتقدم شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت) مجموعة من الخدمات والتسهيلات والتى يطلق عليها أيضاً اسم بروتوكولات ، مثال ذلك البريد الإليكترونى E. Mail ، والاتصال والتعامل بملفات المعلومات المخزنة بحاسب آخر (تالنت Talent) ، ونظام نقل ملفات المعلومات (File Transfer Protocol (FTP ، بالإضافة إلى خدمة العميل والخادم Client / Server ؛ حيث يقوم برنامج العميل Client Program بالاتصال ببرنامج الخادم Server Program بغرض تنفيذ طلب معين .

ويمكن البحث خلال معلومات لا حصر لها بطريقة سريعة ودقيقة عن طريق أداة تسمى (Wide Area Information Service (WAIS . وعادة ما تستخدم الفأرة Mouse للوصول إلى المعلومات المطلوبة بطريقة أسرع وأكثر مرونة ، عن طريق الاعتماد على نظام الهيبرتكست Hypertext، حيث يطلق على هذا الأسلوب "Web ".

ويتوقف التعامل مع شبكات الإنترنت على ما يسمى Transmission Control Protocol (TCP) الذى يقوم بتقسيم البيانات المرسلة إلى حزم ، ثم تجميعها والتأكد من خلوها من الأخطاء ؛ وأيضا على (Internet Protocol (IP التى تعتمد على نقل البيانات الخام (الحزم) من مكان إلى آخر .

وعلى ذلك ، فإذا أردت استخدام شبكة المعلومات الدولية للحصول على معلومات فى مجال الفطريات ، فإنه يجب أن يكون لديك جهاز فرعى لحاسب آلى متصل مباشرة بشبكة الإنترنت ، وفى هذه الحالة يكون هذا الحاسب هو الجهاز الخادم للإنترنت ويكون لديك العنوان الإليكترونى الخاص . إلا أنه يعيب هذا النظام عدم مرونته للارتباط بمكان الجهاز ، لكنه يتميز بقربه من الحاسب الآلى الأساسى للإنترنت .

وتعتمد الطريقـــة الثانية على استخدام خط التليفون ، حيث يتم توصيـــل الحاســب الآلى به . ويتطلب ذلك وجود جهاز خاص يحول الإشارات الرقمية Digital Signals الخاصة بالحاسب إلى إشارات تناظرية Analog Signals يمكن نقلـــها عـــن طريـــق خطوط التليفون ، حيث يطلق على هذا الجهاز Modulator .

وأيضا يتطلب استخدام جهاز أخر (Demodulator) يحول الإشارات التناظريـــة إلى إشارات رقمية مرة أخرى ، يقرأها الحاسب الآلى الأخر المتصل به . وذلك يلـــزم وجـــود جـــهاز يقـــوم بـــالعمليتين الســـابقتين معـــا فـــى نفـــس الوقـــت (Modulator/Demodulator) يطلق عليه اسم مودم " Modem " .

وهكذا يمكن لأى فرد لديه حاسب آلى ومودم من استعمال خط التليفون المباشر فى الإتصال بالإنترنت ؛ وذلك باستعمال الشبكة المصرية (X25) ؛ عن طريـــق مركـــز معلومات مجلس الوزراء (DSC) ؛ أو عن طريق الموقع الخاص بمركـــز هندســـة وتكنولوجيا المعلومات (RITSEC) .

ولكى تستخدم شبكة المعلومات الدولية ، يجب أن يكون لديك عنوان إليكترونى على الإنترنت حتى يمكن للأخرين الاتصال بك . ويتكون هذا العنوان من جزأيـــن ، الأول يشمل اسم المستخدم (Userid) والحرف @ وعنوان الحاسب أو موقعه ، بحيـــث لا تترك أية مسافات ؛ مثال ذلك : Mohamed @ asunet-Shams-eum-eg .

وفى المثال السابق ، فإن اسم المستخدم هو محمد ، وهو يتبع شبكة جامعـــة عيـــن شمس asunet-Shams ، وهى إحـــدى شبكات المجلس الأعلى للجامعـــات eun فـــى مصر eg . وبذلك فإن الجزء الثانى من العنوان domain يتكون من عدة أقسام تبيـــن نوعية المكان والدولة التابع لها .

ثالثا : الخدمات التى تقدمها شبكة الاتصالات الدولية :

١ – البريد الإليكترونى E. Mail :

يعتبر من أكثر خدمات الإنترنت استخداما على الإطلاق ، وهو خدمة عامة تســـمح بنقل جميـــع أنواع الرسائل والوثائق والمستندات ، وبرامج الحاسب الآلى وغيرهـــا . كما يمكن نقل الصور والأصوات ؛ وذلك باستخدام بروتوكول يطلـــق عليـــه Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) .

٣ – خدمة الاتصال بالشبكات Talent Service :

يسمح هذا النظام بالاتصال بأى جهاز حاسب فى أى مكان فى العالم ، وهذا يجعل أى شئ تكتبه على لوحة المفاتيح الخاصة بك يذهب مباشرة إلى الحاسب البعيد ، كما أن أى شئ يعرضه الحاسب البعيد يظهر مباشرة على شاشتك . والنتيجة النهائية لذلك أن لوحة المفاتيح والشاشة الخاصة بحاسبك تبدو كأنها مرتبطة ارتباطا مباشرا بالحاسب البعيد .

٣ – استخدام برامج خدمة المشتركين (Client/Server System) :

يسمح هذا النظام باستخدام وتصفح وقراءة برامج موجودة فى أماكن مختلفة من العالم ؛ فعلى سبيل المثال ، يمكن أن تكون جالسا أمام جهازك التابع لشبكة معلومات جامعة عين شمس فى القاهرة . وتستخدم الشبكة العنكبوتية العالمية World Wide Nets لقراءة معلومات موجودة بجامعة جوتنجن بألمانيا أو جامعة كورنيل بالولايات المتحدة .

وفى الحالة السابقة ، فإن برنامج الشبكة العنكبوتية العالمية تعمل كوكيل عنك فى استقبال المعلومة وإرسالها (Client) ، بينما يصبح جهاز الحاسب الآلى فى ألمانيا أو الولايات المتحدة برنامج خدمة (Server) .

ومن الخدمات الهامة التى يمكن الاستفادة منها عند استخدام برامج خدمة المشتركين، برتوكول نقل الملفات (File Transfer Protocol (FTP . وتسمح هذه الخدمة بنسخ الملفات من آلاف الحاسبات الموزعة فى جميع أجزاء شبكة الإنترنت من خلال نظام العميل / الخادم (Client / Server) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك عديدا من البرامج المتخصصة فى البحث عن المعلومات ، مثال ذلك جوفر Gopher و Wide Area Information Service (WAIS) والشبكة العنكبوتية العالمية (Word Wide Web (WWW .

٤ – الشبكة العنكبوتية العالمية (The World Wide Web (WWW :

بدأ ظهور هذه الشبكة فى أواخر الثمانينيات فى المركز الأوربى لفيزياء الجسيمات European Center for Particles فى جنيف ، كأداة يستخدمها العلماء

فى نشر النصـــوص الفائقة Hypertext ، والبحث فى وثـــائق معقـــدة داخـــل شبكـــة الإنترنت .

وتساعد روابط النص الفائق فى شبكة المعلومات العالمية (WWW) فـــى تتبـــع الأفكار والموضوعات من صفحة إلى أخرى ، بصرف النظر عمـــا إن كـــانت هـــذه الصفحة مخزنة فى نفس الحاسب الخادم (Web Server) ، أو موزعة على حاسبات خادمة أخرى منتشرة فى أنحاء العالم .

ولتسهيل البحث فى الشبكة العنكبوتية العالمية (WWW) ، توجد برامج مســـاعدة داخلها تساعدك على الوصول إلى المعلومات المرغوبة فى أسرع وقت . وفيمـــا يلـــى أمثلة لبعض هذه البرامج وعناوينها الإليكترونية على شبكة الإنترنت .

أ – برنامج Web Crawler وعنوانه http:// www. Web Crawler. Com

ب – برنامج Yahoo وعنوانه http:// www. Yahoo. com

جـ– برنامج World Wide Web وعنوانه http:// www. Cs. Colorado-Edu/home/mcbryan/www.html

د – برنامج Lycos وعنوانه http:// Lycos-Cs-Cmu-edu

هـ– برنامج Alta Vista وعنوانه http:// ll altavista-digital-com

وتتميز هذه البرامج باحتوائها على المئات من الموضوعـــات فـــى مجـــال علـــوم الفطريات البحتة والتطبيقية .

رابعا : أهم مراكز علـوم الفطريـات البحتـة والتطبيقيـة علـى شبكة الإنترنت :

١ – مكتبة الفطريات التطبيقية للشبكة العنكبوتية الدولية The World Wide Web Virtual Library Mycology

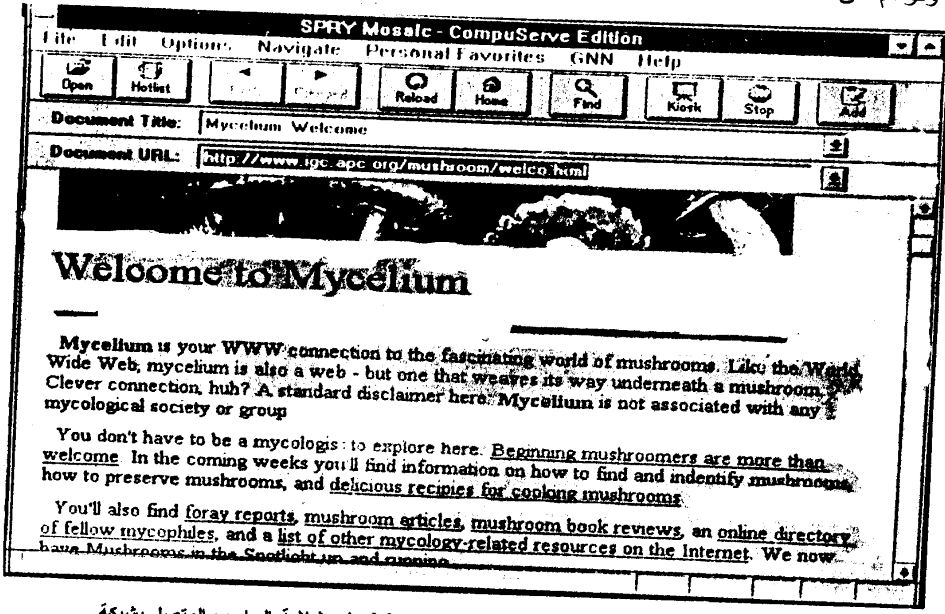
عنوانها الإليكترونى http://muse.bio-cornell-edu/taxonomy/fungi-html .

يعتبر هذا المركز نقطة بداية ممتازة للبحث عن مصادر المعلومـــات فـــى مجـــال استخدام الفطريات فى النواحى التطبيقية ؛ وذلك عـــن طريـــق شبـــكة الاتصـــالات العالمية. ويحتوى هذا المركز على فهرس مرتبط بمراكز أخرى منتشرة فى جميـــــع أنحاء العالم، حيث يشمل خدمة البحث فى البريد الإليكترونى E. Mail للعـــاملين فـــى

مجال الفطريات التطبيقية فى جميع أنحاء العالم ، كما يحتوى على ملفات تشمل صفات وأشكال الفطريات ؛ يمكنك الحصول عليها وإعادة طبعها فى جهازك ، مثل مراكز حفظ المزارع الفطرية culture collections والمجلات العلمية المتخصصة فى مجال الفطريات والنشرات الدورية التى تصدرها الجمعيات العلمية فى هذا المجال .

٣ - مركز المعلومات العالمى ميسليوم Mycelium :

ويتيح هذا المركز العلمى المعلومات الخاصة بالفطريات بصفة عامة وبفطريات عيش الغراب بصفة خاصة . وتشمل هذه المعلومات تعريف الفطريات وبعض طرق دراسة وتعريف الفطريات ، وكذلك تقارير علمية عن الفطريات الممرضة ، وقوائم عن أحدث الكتب التى تتناول الفطريات خاصة أنواع عيش الغراب .



شكل (١٠ - ١) : صفحة من مركز المعلومات Mycelium على شاشة الحاسب المتصل بشبكة المعلومات الدولية .

ومن المراكز المتخصصة الأخرى المهتمة بالفطريات ، صفحة شبكـة المعلومـات الفطرية Fungus Web Page ومجلة الأخبار الأسبوعية المرسلة بالبريد الإليكـترونى E. mail news letter ؛ التى تتخصص فى نشر موضوعـات تـهم زارعـى عيـش الغراب؛ حيث تربطهم بالشركات التجارية العاملة فى هذا المجال ، وتمدهـم بتقـاوى أنواع عيش الغراب الجديدة .

٣ – شبكة معلومات عيش الغراب والثروات الفطرية
Eco Net's Mushroom & Mycology Resources

وعنوانها الإليكترونى : http:/www-econet-apc-org/igc/www-myco-html .

وتحتوى هذه الشبكـة على ملفات لمجـلات الفطريات الإخباريـة Fungal News letters ؛ مثال ذلك مجلة Spores Afield ، وهى مجـلة شهريـة تصـدر عـن الجمعيـة الفطرية بكلورادو The Colorado Mycological Society ؛ وهـى أول مجـلة تصـدر عن جمعيـة فطريـة تدخل الخدمة فى خطـوط شبكـة الاتصـالات الدولية .

ومن المجلات الأخرى التى تبثها شبكة معلومات عيش الغراب والثروات الفطريـة مجلة البصمة الجرثومية Spore Print التى تصدرها الجمعية الفطرية بمدينـة لـوس انجلوس The Journal of The Los Angeles Mycological Society ، وتشمل هذه المجلة موضوعات متعددة ، وإجابات على استفسارات المهتمين بأنواع عيش الغـراب البرية ، وخاصة الأنواع السامة .

٤ – شبكة معلومات عيش الغراب من سلوفينيا
Wild Mushrooms From Slovenia

عنوانها الإليكترونى : http : / www-ijs-si/globe . وهى شبكة جيدة التصميـم، حيث تقدم معلومات جيدة عن المأكول والسام من فطريـات عيـش الغـراب البريـة، بالإضافة إلى وصفات عديدة لإعـداد أطباق شهية من الأنواع المأكولة من فطريـات عيش الغراب البرية .

٥ – شبكة المعلومات الفطرية من كيو Mycology at Kew

عنوانها الإليكتروني : http:/www-rbgkew-org-uk:80/mycology/index-html.

تقدم هذه الشبكة أحدث الإصدارات التي يبثها قسم الفطريات التابع للحدائق النباتية الملكية بالمملكة المتحدة The Royal Botanic Gardens في مدينة كيو Kew . ويحتوي قسم الفطريات على مجاميع فطرية هامة يمكن الرجوع إليها ، كما يعتبر الباحثون في هذا المجال من رواد البحوث الفطرية في العالم لأكثر من قرن حتى الآن .

٦ – شبكة المعلومات الفطرية بجامعة توبنجن بألمانيا :

عنوانها الإليكتروني : http:/www-uni-Tuebingen de/uni/bbm/mycology .

وتقدم هذه الشبكة معلومات واسعة النطاق عن الفطريات المختلفة ووصفها وأنواعها، بالإضافة إلى إمكانية الاتصال بالباحثين والعاملين في هذا المجال عن طريق البريد الإلكتروني .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإنه توجد مواقع أخرى لعديد من المراكز العلمية التي تقدم خدماتها للمهتمين بدراسة الفطريات ؛ مثال ذلك جامعة مينسوتا بالولايات المتحدة (عنوانها http:/drogon-labmed-umnedu/lynda/index-html) ، حيث تقدم معلومات عن الاستفادة من المخلفات العضوية وتخليق المركبات الحيوية باستعمال الفطريات ، وكذلك دراسة التسمم الناتج عن الأنواع المختلفة من الفطريات السامة .

خامساً : المراجع References :

Evans. S. (1996) . Electronic fungi. A virtual possibility. Mycologist, 10 : 8 - 10 .

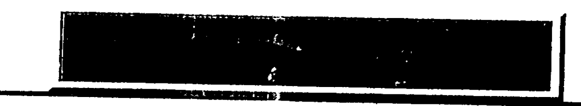
Hamlyn, P. F (1995) . A mycologist's guide to the internet. Mycologist, 9:165-167 .

Hamlyn, P. F. (1996). Mycological resources on the internet . Mycologist,10 : 7 .

Hamlyn, P. F. (1996) . North west fungus group goes on - line. Mycologist, 10 : 177 - 179 .

Hamlyn, P. F. (1997) . Creating a mycological site on the Internet. Mycologist, 11 : 23 - 26 .

Mycelium Has Moved! http://www.igc.apc.org/mushroom/we...





Mycelium has moved to our new site on the web, a server just down the road from our house, in the Colorado Rockies. Please make a note of our new URL:

http://www.hcds.net/mushroom/welco.html

Click on any button below to go to that page on our new server, or use the direction arrows at the bottom of each page to navigate!

About Mycelium	Where to Find Them	Parts of a Mushroom	Mushroom Recipes
Preserving Mushrooms	Foray Reports	Mushroom Articles	Mushroom Book Reviews
Wayne's Wacky Glossary	Mushroomers Online	Mushroom Spotlight	Mycelium Mail Bag
Mushrooms On the Net	Pine Jct WeatherCam	Pine Wx Almanac	Pine Jct Snow Pics
U.S. Sat Image	Colorado NexRad	Harrison Home Page	Pine Jct Area Map
Other WWW Links	Chief Seattle Oration	Mycelium © Wayne Harrison	

My sincere thanks to Michael Stein and EcoNet, part of the Institute for Global Communications, for giving Mycelium a place to call home for the past year. Without such help and generosity, this project might not have gotten off the ground. If you think of something we should add, please click on the mailbox.

شكل (١٠ - ٢) : صفحة من مركز الفطريات العالمى ميسليوم Mycelium ، موضحاً مجـــالات البحث المختلفة للوصول إلى المعلومات المرغوبة .

SOCIETIES & ASSOCIATIONS RELEVANT TO MYCOLOGY

- AIBS (American Institute of Biological Sciences)
- American Bryological and Lichenological Society
- American Phytopathological Society
- American Society for Microbiology
- Australasian Plant Pathology Society
- British Association for the Advancement of Science
- British Lichen Society
- British Society for Plant Pathology
- Deutsche Gesellschaft für Mykologie
- Institute Of Biology (London)
- International Mycological Association
  - Awards: Ainsworth and de Bary medals
  - Member Societies
- International Society for Plant Pathology (ISPP)
- Latin American Mycological Association
- Mycological Society of America
- National Academy of Sciences [US]
- The Royal Microscopical Society
- The Royal Society [UK]
- The Royal Society of Edinburgh
- The Royal Society of New Zealand
- Società Italiana di Patologia Vegetale (Italian Phytopath. Soc.)
- Societe Francaise de Phytopathologie (French Phytopath. Soc.)
- Society for General Microbiology

Return to British Mycological Society home page

شكل (١٠ - ٣) : صفحة من شبكة المعلومات الدولية تضم أهم الجمعيات العلمية العاملة في مجال الفطريات (صادرة عن الجمعية البريطانية لعلم الفطريات British Mycological Society)

BRITISH MYCOLOGICAL SOCIETY

Recognosce notum, ignotum inspice

The British Mycological Society aims to promote all aspects of fungi by publications, meetings, forays, and other means. Its leading publications are:

- ***Mycological Research*** **, The International Journal of Fungal Biology: Tables of Contents: 1996/7 (Jun-Jun)**
- ***Mycologist*** **, The International Journal of General Mycology: Index (vols. 9, 10): 1995/6**

The Society's Special Interest Committees (SICs) represent: Biodiversity, Biotechnology, Ecology, Conservation, Fungus-invertebrate interactions, Genetics, Molecular biology, Evolution, Pathogenic and symbiotic fungi, and Systematics.
The Society holds about 20 meetings each year including symposia, sometimes in central Europe, residential and field meetings, fungus forays, and workshops. Tropical expeditions are held every three to four years.

The BMS is broadly based. Founded in 1896 in Selby, Yorkshire, it now has about 2000 members from all over the world with interests ranging from those who simply enjoy seeing 'nature' at large and are curious to know more about where and how fungi operate in the environment, to professional mycologists who earn a living through involvement with, or exploitation of, this fascinating group of organisms. The administration of the Society includes the Council, publications' editors, secretaries of SICs, and the librarian.

If you are not a member and are interested in joining the British Mycological Society you are invited to check the membership categories and submit an application form, that follows.

BMS Resources, Other Publications, and Meetings

- **BMS Centenary 1896-1996: Publications**
  - ***A Century of Mycology*****: (Centenary Symposium, Sheffield)**
  - **Centenary Reviews**
- ***BMS Newsletter*** **(and link to application form for an award to attend a Society event)**

شكل (١٠ - ٤) : صفحات عن الجمعية البريطانية لعلم الفطريات ، توضح إصداراتها ومجـــالات اهتماماتها ، والجمعيات الأوربية الأخرى العاملة فى هذا المجال .

- **BMS Symposia and Conferences**
  - **Fungal Physiology & Biochemistry**
    3-7 April 1997, Nottingham
  - **Published symposia**
- **Data Base**
- **Foray Box (References for Identifying Fungi)**
- **Guides**
- **KEYS**
- **Library**
  - **Books**
  - **Journals**
  - **Miscellaneous Publications (for sale)**
- **Slide Collection**

European Mycological Sites

- **Basidiomycetes, key to common British**
- **Botanische Staatssammlung München**
  - **Fungal Herbarium**
  - **Microfungi Exsiccati**
- **Cantharellus Research Group (Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala)**
- **ECCO (European Culture Collections' Organization)**
- **FEMS Microbiology**
- **Fungal Groups**
  - **Gruppo Micologico-Naturalistico Dopolavoro Ferroviario di Ancona [Railway Employees Afterwork Association Of Ancona (Italy)]**
  - **North West Fungus Group: covering the English counties of Cheshire, Clwyd, Cumbria, Greater Manchester, Lancashire, and Merseyside**
  - **Purbeck Fungus Group: forays in woods local to Lytchett Matravers (near Bournemouth, England)**
  - **Other UK fungus groups**
- **HRI (Horticulture Research International)**
- **IMI (International Mycological Institute)**
- **Index to IMI's *Index of Fungi***
- **An Italian connection that includes Italian Mycological Reviews**
- **Kew, Mycology at**
- **Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie (Tübingen) and its Digital Exsiccate of Fungi**
- **Lichen Information System (University of Salzburg)**
- **Royal Botanic Garden Edinburgh**
- **Slovenia (Gives facts about local mushrooms as well as extensive information about the country)**

تابع شكل : (١٠ - ٤) : أهم مراكز الفطريات الأوروبية .

- UK Culture Collections
- Uppsala University Botanical Museum (Fytoteket)

Other Major Mycological Sites on the Internet

- Almanac of Awards & Grants; Conferences & Courses
- Really Big Index to Mycology Resources on the Internet
- Canada
    - Eastern Cereal & Oilseed Research Centre
    - FASEL, The Fungal and Soil Ecology Lab, Guelph
- A Comprehensive Guide to Mycological Resources on the Internet
- Culture Collections & Herbaria
- Directories
    - APS Members (American Phytopathological Society)
    - ASM Members (American Society for Microbiology)
    - MSA Members (Mycological Society of America)
    - Mycologists Online
    - *PhysarumPlus* Community
    - UK Systematics Expertise and Current Research (Fungi)
    - World Directory of Myxomycetologists
- Fungal Genetics Stock Center
- Genera of Fungi from the *Dictionary of the Fungi*, 8th ed.
- Journals of mycological interest
- MYCOLOGY/bionet.mycology Newsgroup Archive
- Other Societies Home Pages
- United States: USDA Systematic Botany & Mycology Laboratory.
- Other Mycological URLs

Omnium Gatherum

- AltaVista Europe, search engine in a choice of 14 languages
- Amazon.com Books: search one million titles
- Libraries
    - Portico, The British Library's Online Information Server
    - Library of Congress, Book Search by keyword
- *Nature*, (London)
- Professional Opportunities
- The Science Guide
- UK National Web Cache [available to those with an .ac.uk domain name or e-mail address]
- Unspecified
    - A new strategy for the UK Microbial Culture Collections (Government Response to the independent Review of UK Microbial Culture

تابع شكل : (١٠ – ٤) : مراكز أخرى لدراسة الفطريات .

Collections; OST July 1996)

Conference on Nurturing Creativity in Research held in Canberra, Australia, 26-28 November 1995, to address concerns that the balance between basic and utilitarian research has swung too far in the market pull direction and to add momentum to a new wave of enthusiasm that appears to be building for expanding unfettered inquiry in basic research. Reference: *Nature* 379(11Jan1996): 112.

The BMS gratefully acknowledges the University of Ulster for hosting its Web site and welcomes you as

Web-counter's visitor no. [illegible] to its homepage.

The service is managed by Roy Moore (rt.moore@ulst.ac.uk),

School of Applied Biological and Chemical Sciences.

تابع شكل : (١٠ - ٤)

Mycology Homepage, University of Tuebingen http://www.uni-tuebingen.de/uni/bbm/mycology/homepa...



Located at the chair of Special Botany and Mycology, University of Tübingen, Germany

Visited by 0975 users since June 1996.

The Digital Exsiccate of Fungi is an online database offering descriptions of fungi complemented by detailed illustrations.

Editors:

Ewald Langer
Gitta Langer
Franz Oberwinkler

Contents

A short introduction.

What is an Exsiccate?

List of available genera.

List of contributing authors.

Other WWW-sites with mycological Information

The World-Wide Web Virtual Library: Mycology
This is the most complete list of links to mycological information. Very usefull, both for professionals and amateurs.

Mycology - WWW Sites of Interest (Munich)
This list of links, located in Munich (Germany), is a good jumping-off place for clients located in Europe.

Key to Armillaria species.
This key to Armillaria is a good example of a real online help for determination of fungi. It is maintained by Tom Volk.

Fusarium Interactive Key
A true synoptic key for Fusarium species using forms with clickable characters including also illustrations. This is how online determination of fungi should look like!

12/16/96 19:(

شكل (١٠ - ٥) : مركز الفطريات بجامعة توبنجن - المانيا ، ومراكز أخرى لمصادر المعلومات الفطرية على الشبكة العنكبوتية الدولية WWW .

Hyphodontia

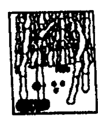
John Eriksson emend. E. Langer 1994, Bibl. Mycol. 154: 16.

Typus generis:

H. pallidula (Bres.) John Eriksson, Symb. Bot. Ups. 16(1): 101.

Basionym: Peniophora pallidula (Bres.) Bres. ap. Bourd. et Galz.

Holotype: in herb. Bresadola (FH)


illustration of H. pallidula

History

John Erikssons original latin description
Emended latin descriptiou
English description
German description

Species list
List of not accepted species
Key

Typical morphological characters

Download a color photo of a basidiocarp growing in nature (JPEG, 77 K).


Basidia and Spores

Cystidia Hyphal branching

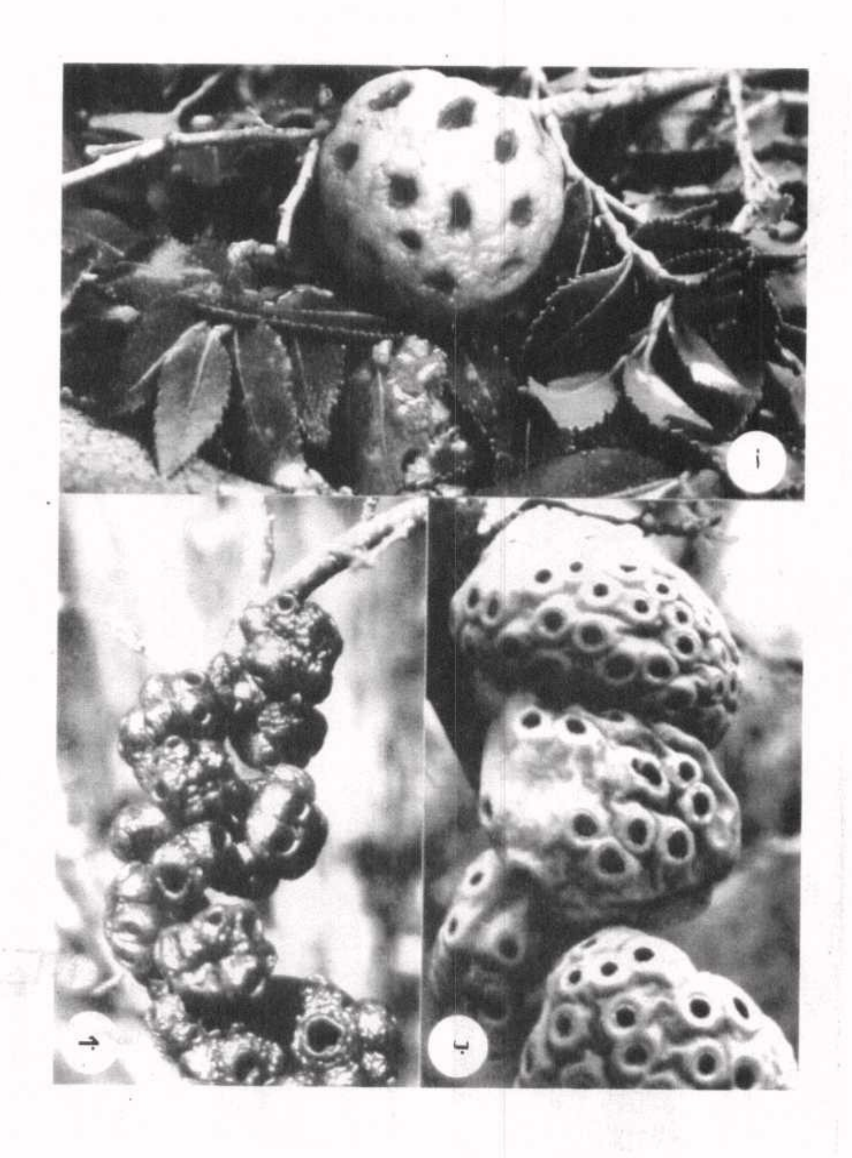
12/16/98 10:..

شكل (١٠ - ٦) : مثال لصفحة معلومات عن الجنس *Hyphodontia* تشمل رسومات توضيحية للحوامل البازيدية والجراثيم من مركز الفطريات بجامعة توبنجن - ألمانيا .



ملحق ١

ملزمة ملونة



لوحة ملونة (١) : نموذج لثمار بعض الفطريات المأكولة - أجسام ثمرية لبعض أنواع الجنس ***Cyttaria*** .

أ - جسم ثمرى ناضج للفطر ***C. johowii*** .

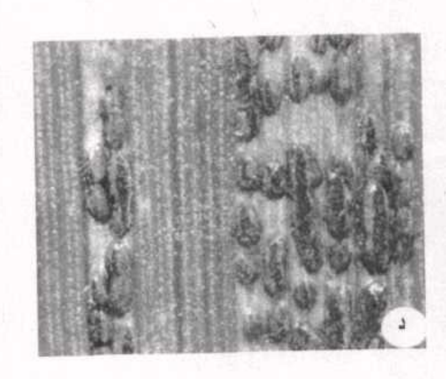
ب - أجسام ثمرية للفطر ***C. hookeri*** .

جـ - أجسام ثمرية للفطر ***C. berteroi*** .

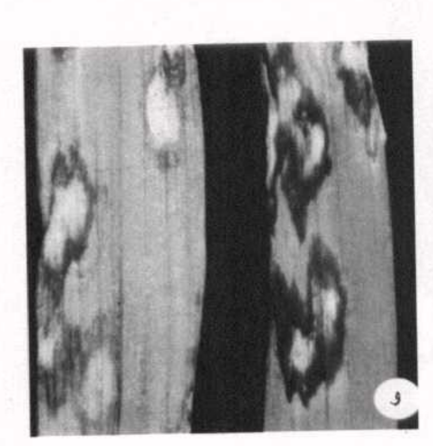












لوحة ملونة (٢) : أعراض الإصابة ببعض الفطريات الممرضة للنبات .

أ – التفحم السائب فى الشوفان . ب – التفحم المغطى فى القمح .
جـ – عفن التيفولا فى الشعير . د – الصدأ الأصفر فى القمح .
هـ – البياض الدقيقى فى الشعير .
و – تبقع الأوراق الرينكوسبورى فى الشعير .





لوحة ملونة (٣) : أعراض الإصابة ببعض الفطريات الممرضة للإنسان .

أ – التهاب فطرى فى ذقن رجل مصاب بأحد الفطريات الممرضة للإنسان (*Trichophyton sp.*) .

ب – ظفر أصبع مصاب بأحد الفطريات الممرضة للإنسان (*Trichophyton sp.*) .



لوحة ملونة (٤) : بعض فطريات الروث .

أ - الأجسام الثمرية للفطر ***Stibella erythrocephala*** .

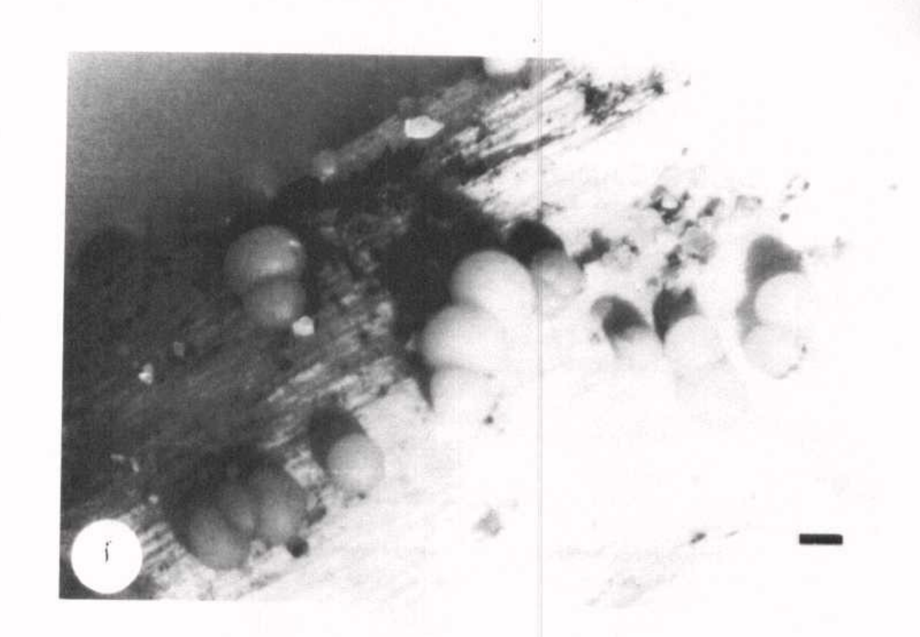
ب - الحوامل الأسبورانجية للفطر ***Pilobolus sp.***

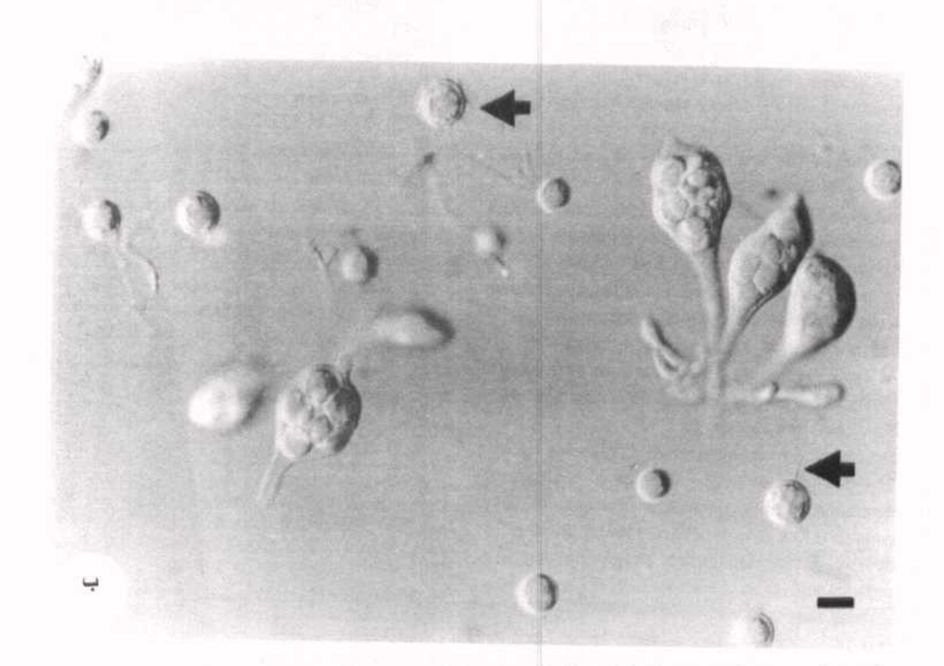
جـ - الأجسام الثمرية للفطر ***Poronia punctata*** .

د - الأجسام الثمرية للفطر ***Lasiobolus ciliatus*** .

هـ - جسمان ثمريان للفطر ***Coprinus narcotieus*** .

و - الأجسام الثمرية للفطر ***Stropharia semiglobata*** .

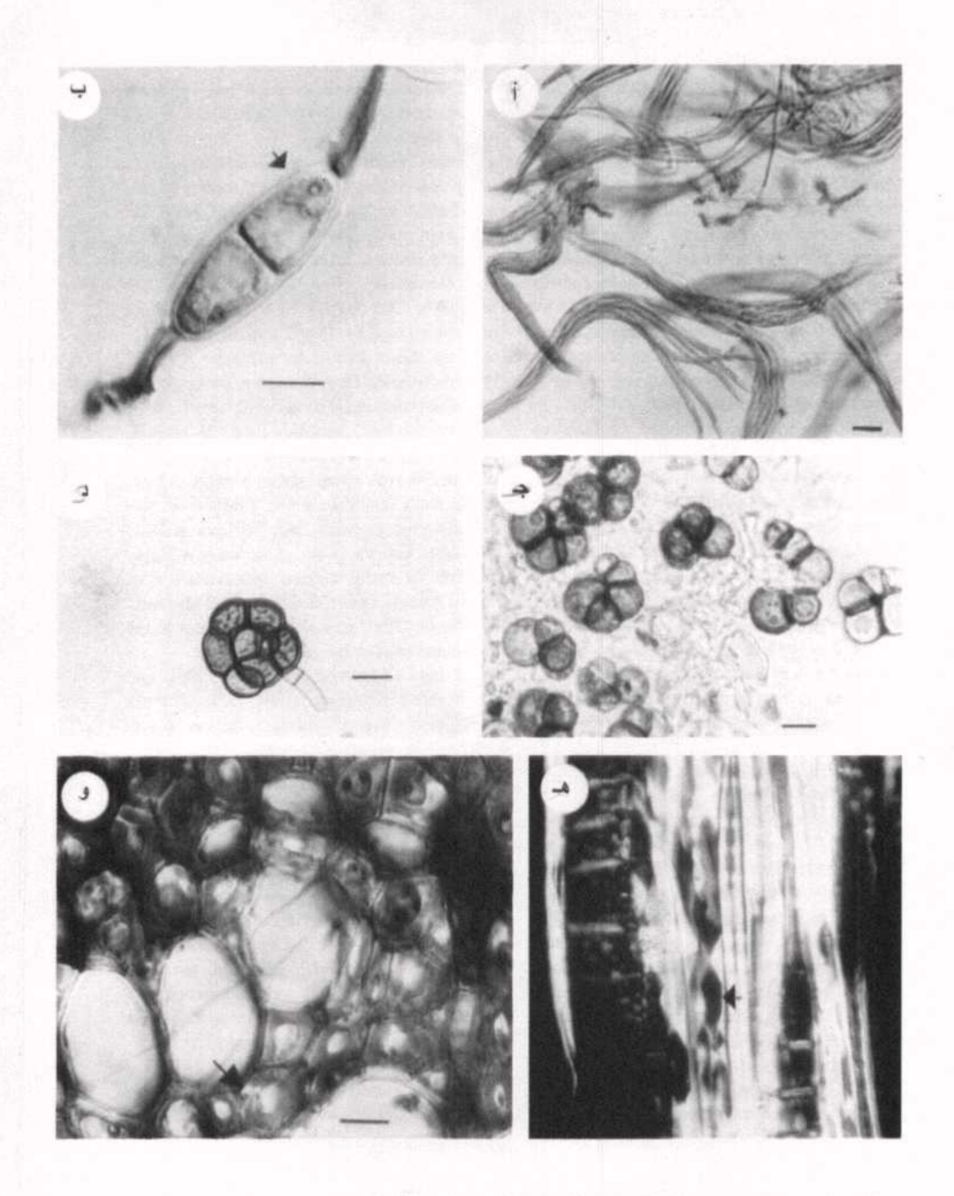




لوحة ملونة (٥) : أجسام ثمرية وأكياس أسكية لبعض الفطريات المائية .

أ – أجسام ثمرية أسكية كروية الشكل صفراء اللون للفطر *Amylocarpus encephaloides* على سطح قطعة من الخشب .

ب – أكياس أسكية للفطر *A. encephaloides* تحتوى على جراثيم أسكية ، بينما تظهر الجراثيم الأسكية الناضجة متحررة وبها معلق (مشار له بالسهم) .



لوحة ملونة (٦) : بعض التراكيب الفطرية لفطريات بحرية قاطنة للخشب :

أ - الفطر *Lulworthia* : جراثيم أسكية خيطية منحنية .

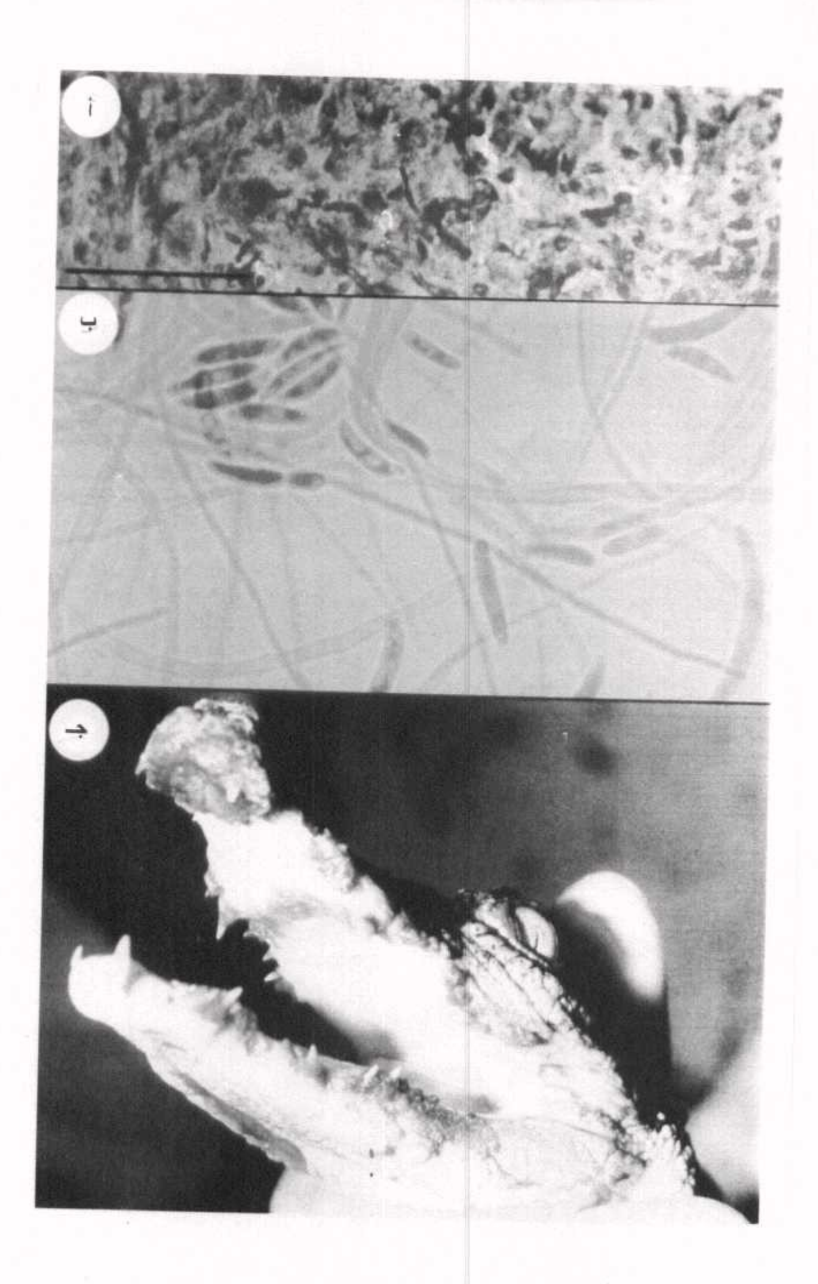
ب - جرثومة أسكية للفطر *Ceriosporopsis halima* يبدو فيها المعلق الطويل من كل طرف .

جـ - الفطر *Cirrenalia macrocephala* : كونيديات مقسمة ملتفة

د - الفطر *Zalerion maritimum* : كونيدة ناضجة ملتفة ومقسمة ، وجزء من الحامل الكونيدى .

هـ - قطاع طولى فى الخشب يظهر به فجوات من العفن الطرى تأخذ شكل الماسة .

و - قطاع عرضى فى الخشب يظهر به الهيفات الفطرية مصبوغة باللون الأزرق فى فجوات العفن الطرى .

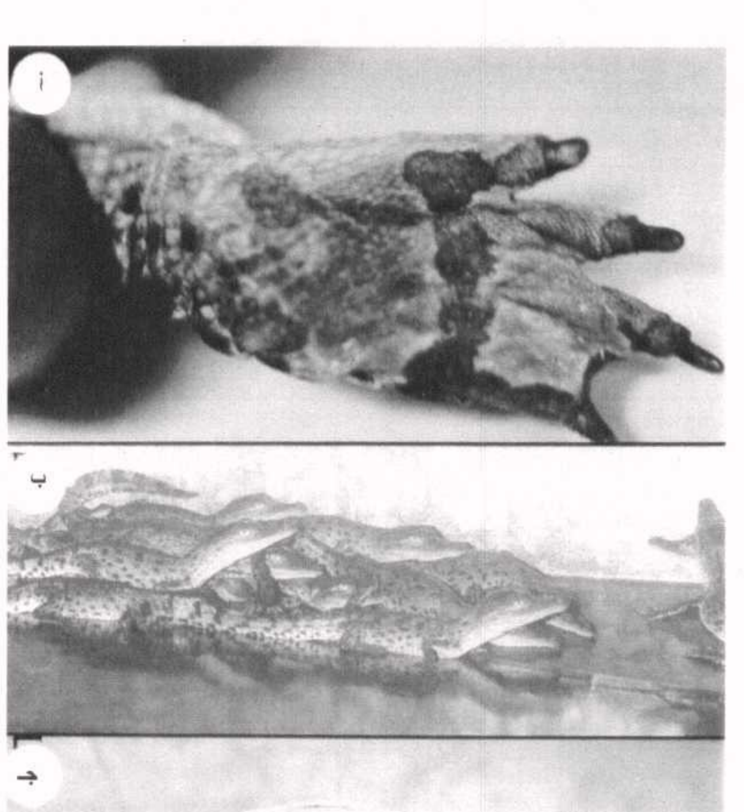


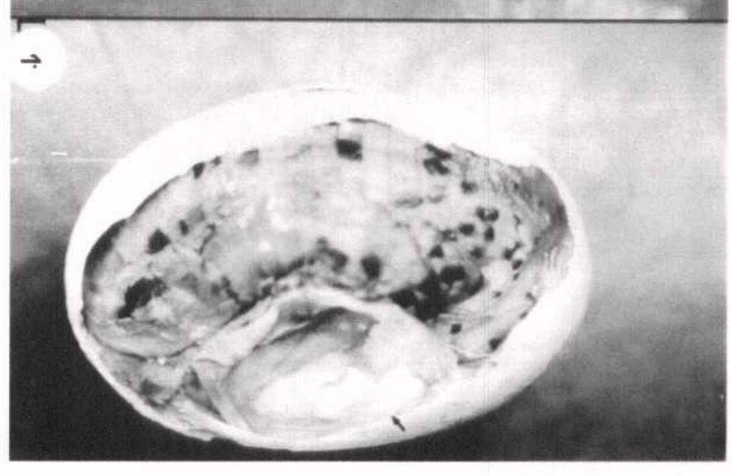
لوحة ملونة (٧) : الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح .

أ ـ جزء من كبد تمساح *Crocodylus porosus* مصبوغ بطريقة **Periodic Acid Schiff** ، يظهر فيه هيفات الفطر (طول الخط ٥٠ ميكرون) .

ب – هيفات وكونيديات الفطر *Fusarium solani* (طول الخط ٥٠ ميكرون) .

جـ – تمساح صغير حديث الفقس ، حيث تظهر الأنسجة الميتة على طول فكه وحلقه .



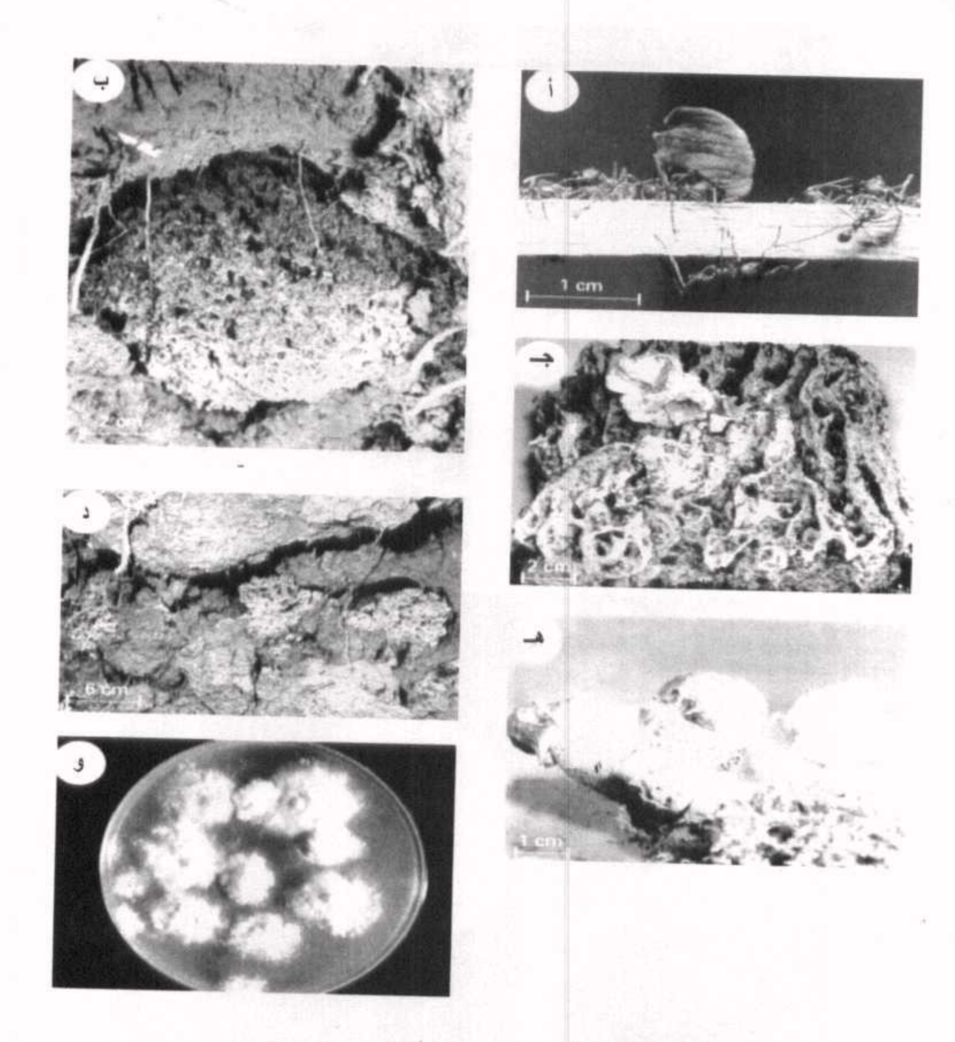


لوحة ملونة (٨) : الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح .

أ   - بقع ميته على مؤخرة قدم تمساح صغير حديث الفقس .

ب   - تماسيح صغيرة حديثة الفقس فى عنابر التربية الداخلية .

جـ   - جنين تمساح داخل البيضة ، تظهر به النموات الهيفية الفطرية فى منطقة الكيس الهوائى (سهم) .



لوحة ملونة (٩) : حشرات النمل التى تزرع فطريات عيش الغراب .
أ – شغالات النمل *Atta cephalotes* تقوم بنقل بتلة وردة
ب – حجرة زراعة عيش الغراب ، لاحظ اللون الأخضر المزرق فى الجزء العلوى من مزرعة الفطر التى تدل على أن الأوراق حديثة المضغ ومضافة حديثا للمزرعة .
جـ – حديقة فطرية متكونة تحت ظروف المعمل للنمل *Atta cephalotes* تظهر بها الأجسام الثمرية الصغيرة .
د – حديقة فطرية طبيعية لنفس نوع النمل السابق .
هـ – بعض مراحل تكوين الأجسام الثمرية .
و – نمو أبيض لميسليوم الفطر على بيئة آجار البطاطس .









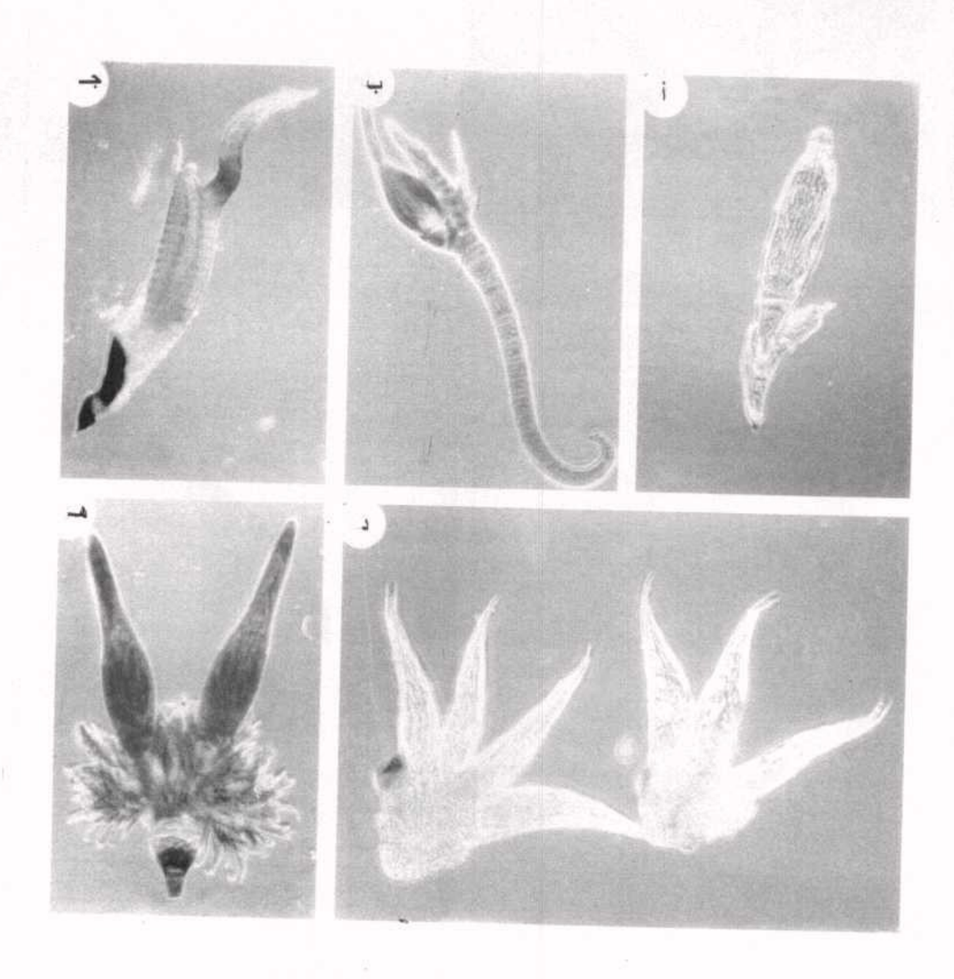
لوحة ملونة (١٠) : حشرات النمل الأبيض (الأرضة) وفطريات عيش الغراب التى تزرعها .

أ – مستعمرة للنمل الأبيض *Odontotermes sp.* تنمو عليها الكريات المكونة لبازيديومات عيش الغراب .

ب – الأجسام الثمرية لفطر *Termitomyces titanicus* فى موطنها الأصلى تنمو على جانب مستعمرة النمل الأبيض .

جـ – جسم ثمرى ضخم للفطر *T. titanicus* .

د – أجسام ثمرية للفطر *T. schimperi* تنمو على مستعمرة للنمل الأبيض .



لوحة ملونة (١١) : الثالوس الفطرى لبعض الفطريات الأسكية الحشرية .

أ - ثالوس الفطر *Eucantharomyces basilewskyi* .

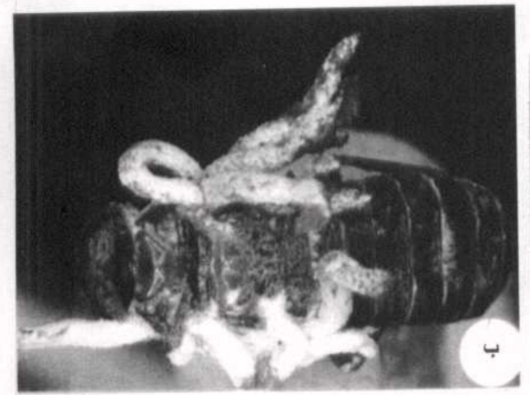
ب - ثالوس الفطر *Ecteinomyces trichopterophilus* .

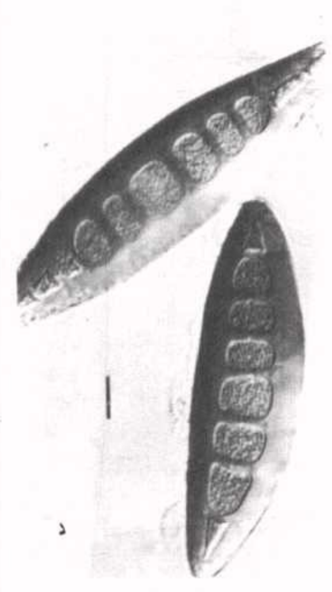
جـ - ثالوس الفطر *Ceratomyces confusus* .

د - ثالوس الفطر *Herpomyces periplanetae* .

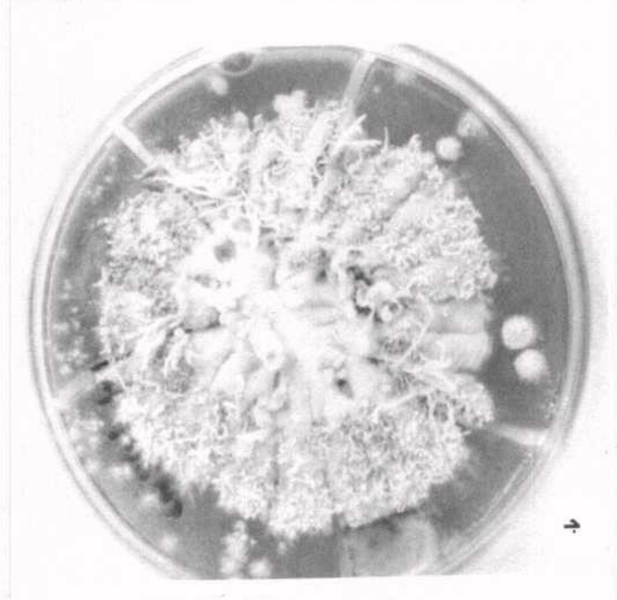
هـ - ثالوس الفطر *Teratomyces philonthi* .







د



جـ

لوحة ملونة (١٢) : الفطريات الممرضة لحشرات النمل الأبيض (الأرضة) .

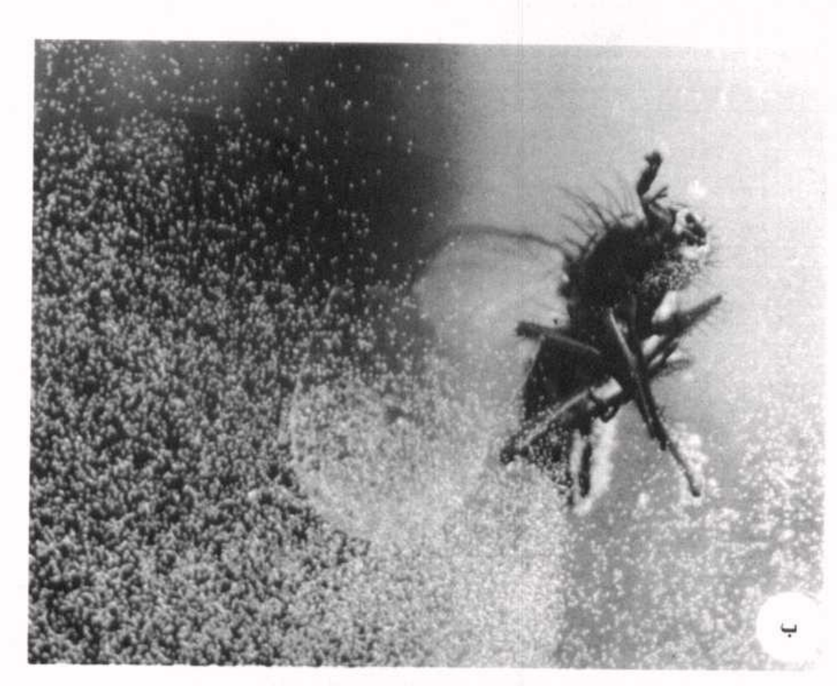
أ – موطن النمل الأبيض من الجنس *Macrotermes* – كينيا ، حيث تظهر أبـــراج النمل الأبيض متناثرة .

ب – حشرة نمل أبيض ميته ومحنطة ، تنمو عليها مجموعة مـــن الأجســـام الثمريـــة الصولجانية الشكل تظهر من منطقة صدر الحشرة .

جـ – مزرعة عمرها شهران للفطر *Hirsutella* النـــامى علـــى بيئـــة **Molisch`s agar**، حيث يظهر بها ضفائر كونيدية كثيفة **Synnemata** فى المحيط الخارجى للنمو الفطرى .

د – جراثيم أسكية ســـميكة الجـــدر عديـــدة الخلايـــا للفطـــر ***Cordycepioideus bisporus*** (طول الخط ١٠ ميكرونات) .



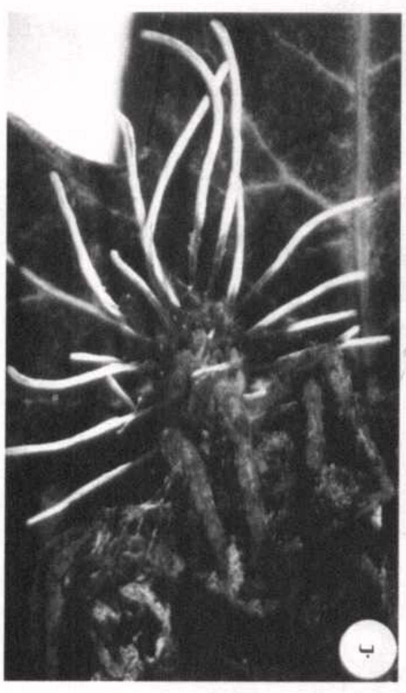


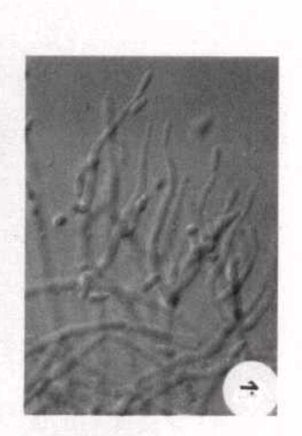
لوحة ملونة (١٣) : الفطريات الممرضة للحشرات .

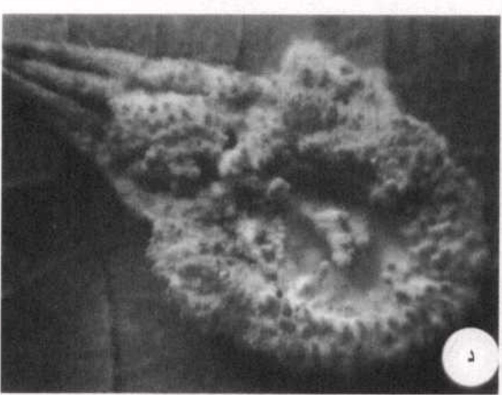
أ – خنفساء مصابة بالفطر *Beauveria* sp. .

ب – ذبابة مصابة بفطر *Entomophthora muscae* . لاحظ بعثرة جراثيم الفطـــر حول الذبابة الميتة .









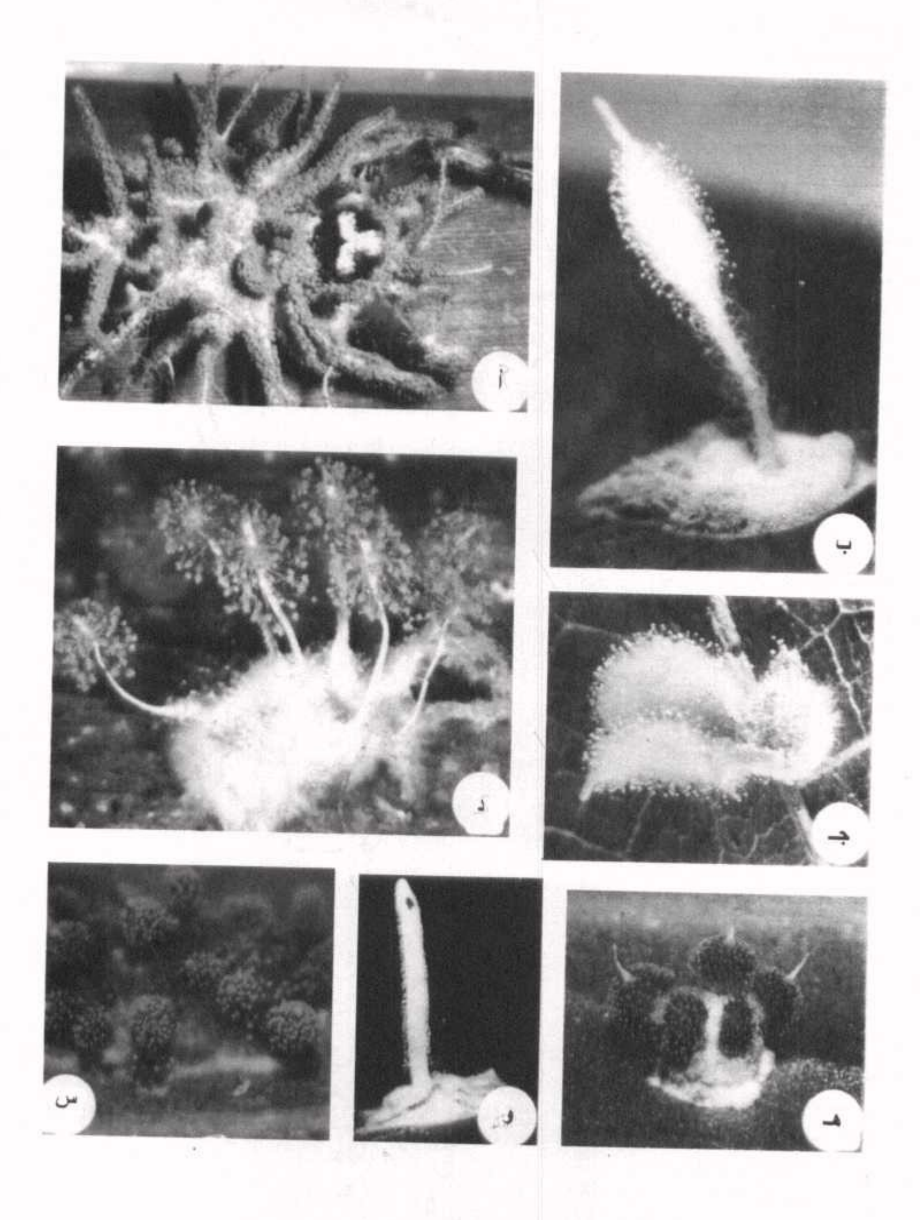
لوحة ملونة (١٤) : الفطريات الممرضة للعناكب .

أ – عنكبوت من الجنس ***Gibellula*** مصاب بالفطر ***Granulomanus synanamorph*** .

ب – عنكبوت مصاب بالفطر ***Akanthomyces aranearum*** .

جـ – الفطر ***Verticillium*** الطور الناقص للفطر الأسكى ***Cordyceps caloceroides*** .

د – الفطر **Hymenostilbe sp.** نامى على عنكبوت ميت

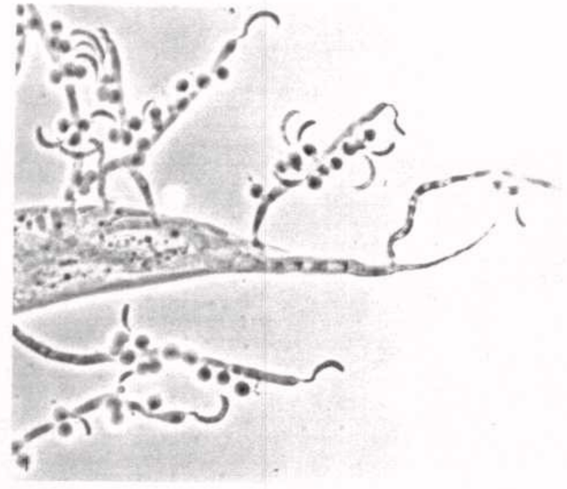


لوحة ملونة (١٥) : الفطريات الممرضة للعناكب .

أ - هـ : الفطر *Gibellula leiopus* نامى على عنكبوت قصب السكر .

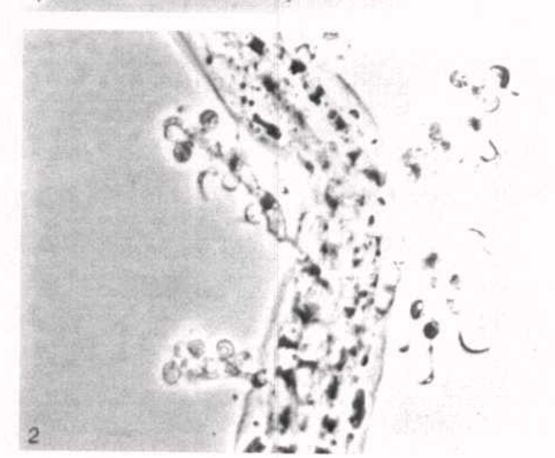
د - س : أنواع من الفطر *Gibellula* على عناكب حرة المعيشة من الغابات الاستوائية .

- الطرف الذيلى لنيماتودا *Rhabditis* مصابة بالفطر *Harposporium anguillulae* ، حيث تظهر الحوامل الكونيدية تحمل فياليدات كروية spherical phialides تنتج كونيديات هلالية الشكل (تكبير ٤٠٠ ضعف).



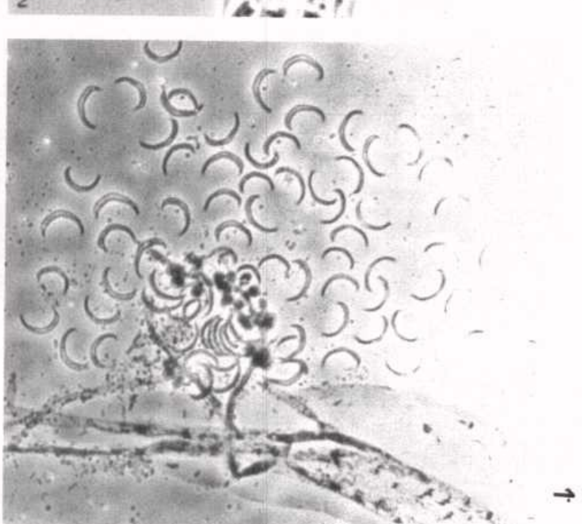
أ

ب - حوامل كونيدية قصيرة للفطر *Harposporium drechsleri* تحمل كونيديات منحنية نحيفة.



ب

جـ - حوامل كونيدية وكونيديات هلالية الشكل للفطر *Harposporium anguillulae* .



جـ

لوحة ملونة (١٦) : الفطريات المتطفلة على النيماتودا .



ملحق ٢

مصطلحات علمية

ملحق ٢

قائمة بالمصطلحات الواردة فى هذا الكتاب

Adhesive network شبكة لاصقة : تركيب من هيفات متحورة مزودة بمادة لاصقة تستعملها بعض الفطريات المتطفلة خارجيًّا على النيماتودا فى اصطيادها .

Ambrosia fungi فطريات الأمبروسيا : تسمية تاريخية ترجع إلى الباحث الألمانى Schmidberger (1836) ، تطلق على مجموعة الفطريات الهيفية التى تزرعها خنافس القلف (خنافس الأمبروسيا) داخل أنفاقها ، متبادلة معها المنفعة .

Amphibious fungi الفطريات البرمائية : مجموعة من الفطريات القاطنة للبيئة المائية ، والتى تقضى فترة من دورة حياتها على اليابسة ، وأيضاً تلك التى تكوّن أطوارها الجنسية على المواد الطافية على سطح الماء .

Anamorph طور ناقص : طور لاجنسى يكونه أحد الفطريات الناقصة ، قد يقابله تكوين طور كامل (جنسى) تحت ظروف معينة .

Antheridium (للجمع antheridia) أنثريدة : حافظة جاميطية ذكرية .

Antibiotic مضاد حيوى : مادة ينتجها كائن حى دقيق ، تضر أو تؤدى إلى موت كائنات حية دقيقة أخرى .

Aplanetic غير متحرك .

Aplanospore جرثومة ساكنة .

Apothecium (للجمع apothecia) جسم ثمرى أسكى مفتوح (كأسى) .

Appendages زوائد خيطية : تراكيب هيفية توجد – عادة – على جراثيم بعض الفطريات لتقوم بوظائف معينة ، مثل المساعدة على الطفو فى الفطريات المائية، أو تكوين أعضاء جنسية فى الفطريات الأسكية الحشرية .

Appressorial pad وسادة لاصقة : تركيب متخصص من هيفات فطرية متجمعة تتكون على سطح العائل بغرض تثبيت الفطر الممرض على سطحه تمهيداً للعدوى .

Appressorium (للجمع appressoria) عضو التصاق : تركيب متخصص يتكون من خلية واحدة – أو عدة خلايا – من هيفات الفطر الممرض بغرض الالتصاق على سطح العائل ، ويتكون منه عادة نتوء دقيق (نتوء العدوى) يخترق بشرة العائل .

Araneogenous fungi (Araneopathogenic fungi) الفطريـــات الممرضـــة للعناكب .

Arthrospore جرثومة مفصلية : جرثومـــة تنشأ عن تجزؤ الهيفا الفطرية إلى خلايا منفصلة ، تحتفظ بشكلها ذى الأضلاع .

Ascocarp جسم ثمرى أسكى : تركيب فطرى معقد مجوف يحتـــوى بداخلـــه علـــى الأكياس الأسكية .

Ascogenous hypha خيط أسكى (هيفا أسكية) : هيفا فطرية مميزة يتكون منـــها كيس أسكى أو عديد من الأكياس الأسكية .

Ascogonium (للجمع ascogonia) جاميطة أنثوية أسكية .

Ascospore جرثومة أسكية : جرثومة جنسية تتكون داخل كيس أسكى .

Ascostroma (للجمع ascostromata) حشية أسكية : تركيب فطرى معقد مـــن هيفات فطرية متجمعة فى نسيج بارانشيمى كاذب تنغمد داخله أجســـام ثمريـــة أسكية .

Ascus (للجمع asci) كيس أسكى : تركيب فطرى يشبه الكيس عادة ، يحتوى على عدد محدود من الجراثيم الأسكية (العدد النموذجى ثمانى جراثيم) ، يتكـــون – عادة – نتيجة اقتران نووى يليه انقسام اختزالى .

Ascus mother cell خلية مولدة للكيس الأسكى : الخلية الخطافية الثنائية الأنوية فى الفطريات الأسكية التى يتم فيها الاقتران النووى ويتكون منها الكيس الأسكى .

Aseptate hypha هيفا غير مقسمة : من صفات الفطريات غير الراقيـــة ؛ حيـــث تسبح الأنوية فى البرتوبلازم فى مدمج خلوى .

Asexual لاجنسى .

Aspergillosis مرض اسبيرجيلى : أحد الأمراض التى تصيب الإنسان أو الحيـــوان تسببه أنواع مختلفة من الجنس *Aspergillus* .

Azygospore جرثومة لازيجية : جرثومة لاجنسية تتكون بالتوالد البكرى .

Ballistospore جرثومة بازيدية تقذف بقوة : جرثومة جنسية تتكون علـــى زوائـــد مستدقـــة ، تتجمع عليها قطيرات الماء ؛ مما يسبب قذفها بقوة .

Basidiocarp ثمرة بازيدية : جسم ثمرى يحمل بازيديومات .

Basidiospore جرثومة بازيدية : جرثومة جنسية تتكون خارجيًا على بازيديوم .

Basidium (للجمع basidia) بازيديوم : تركيب فطرى أنبوبى الشكل يحمل على سطحه عدداً محدوداً من الجراثيم البازيدية (العدد النموذجى أربع جراثيـــم) ، يتكون – عادة – نتيجة اقتران نووى يعقبه انقسام اختزالى .

Binomial تسمية ثنائية : الاسم العلمى للكائـــن ويتكون من كلمتين ، تـــدل الأولـــى على الجنس ، والثانية تحدد النوع .

Biogensis نظرية الأصل الحيوى للأحياء : منهج علمى جاء على أنقـــاض نظريـــة التوالد الذاتى ، يوضح أن كل كائن حى ينشأ من كائنات حية مناظرة ، ولا تنشأ الحياة من أصول غير حية .

Biolu. iescence ظاهرة الاستضاءة الحيوية : يقصد بها انبعاث ضوء مرئى مـــن بعض الكائنات الحية ، مثل بعض أنواع عيش الغراب ، يطلق عليـــها العامـــة بعض الأسماء الدارجة ؛ مثل : نار الثعلب ، وأشباح الغابة .

Blastospore (Blastoconidium) جرثـــومـــة (كونيدة) برعمية : جرثومة (كونيدة) لا جنسية تتكون بالتبرعم .

Budding تبرعم : تكون نتوء صغير (برعم) من الخلية الأصلية ، ويعتـــبر ذلـــك إحدى طرق التكاثر اللاجنسى .

Catterpillar fungus فطر اليرقة : أحد الفطريات الأسكية القاروريـــة الممرضـــة ليرقات بعض الحشرات ؛ حيث تتكون على اليرقة الميتة أجسام ثمريـــة أســـكية منغمدة فى حشيات ثمرية زاهية اللون . ويستعمل فطر اليرقة فى الطب الشعبى بدول شرق آسيا لعلاج كثير من الأمراض .

Chlamydospore جرثومة كلاميدية : خلية فطرية – من هيفات مقســـمة – يـــزداد سمك جـــدارها ، ثم تنفصل عن الهيفا مكونة جرثومة ساكنة تتحمل الظـــروف السيئة من حولها ، وقد تكون شفافة أو داكنة اللـــون نتيجـــة ترســـيب صبغـــة الميلانين على جدارها السميك .

Clamp connection اتصال كلابى (رابطة كلابية) : تركيب متخصص يتكون على صورة امتـــداد إنبوبى الشكل يمتد من خلية إلى أخـــرى مجـــاورة بغـــرض تبادل الأنوية . وهو يميز الهيفات الثنائية الأنوية فى الميسليوم الثـــانوى لمعظـــم الفطريات البازيدية .

Cleistothecium (للجمع cleistothecia) ثمرة أسكية مقفولـــة : جســـم ثمـــرى أسكى مجوف تام الانغلاق ، يتكون من أنسجة بارانشيمية كاذبة ويحتوى داخلـــه على أكياس أسكية مبعثرة . ويتم تتحرر هذه الأكياس الأسكية عند تحلل جـــدار الجسم الثمرى .

Coenocytic مدمج خلوى : هيفا فطرية غير مقسمة تسبح بداخلها الأنويــــة . تمــيز الفطريات غير الراقية .

Colony مستعمرة : مجموعة أفراد من نفس النوع تعيش فى مكان واحد فى اتصـــال دائم . ويطلق ذلك أيضاً على نمو هيفات الفطر من مركز واحد مشترك بحيـــث يأخذ النمو شكلا دائريًا أو كرويًا .

Columella (للجمع columellae) عويمد : تركيب عقيم يتكـــون داخـــل الكيـــس الجرثومى (الإسبورانجي) أو أى جسم ثمرى اخر ، حيث يكـــون – عـــادةً – امتـــداداً للحامل ، ويفصل بروتوبلازم الحامل عن بروتوبلازم الكيس الجرثومى من بداية تكوينه .

Conidiophore حامل كونيدى : هيفا فطرية متخصصة فى حمل الكونيديـــات . قـــد تكون متفرعة أو غير متفرعة .

Conidium (للجمع conidia) كونيدة : وحدة فطرية (جرثومية) ينتجها الفطـــر عن طريق التكاثر اللاجنسى وتحمل – عادة – على هيفات متخصصة (حوامل كونيدية) .

Constricting ring حلقة منقبضة : تركيب فطرى متخصص ، يتكون – عـــادة – من ثلاث خلايا ذات جـــدر داخلية حساسة لمرور النيماتودا داخلـــها فتنقبـــض عليها . وتكونها بعض الفطريات المتطفلة خارجياً على النيماتودا .

Coprogen كوبروجين : عامل نمو متخصص ، عبارة عن مركب عضوى حديـــدى يتم تخليقه فى الروث بواسطة بعض الأحياء الدقيقة ، يعمل على تشجيـــع نمـــو هيفات الفطر *Coprinus* ، كما يساعد على تكوين تراكيبه التكاثرية .

Coprophilous محب للروث : كائن حى ينمو على روث الحيوانات العشبية ويحصل على غذائه منها .

Cystidium (للجمع cystidia) كيس عقيم : تركيب عقيم كبيـــر الحجم يتكون فى المنطقة الخصبة بين صفائح خياشيم بعض فطريات عيـــش الغـــراب التابعـــة للأجاريكالات ، بغرض الإحتفاظ بهذه الحياشيم مبتعدة عن بعضها ، مما يساعد على تحرر الجراثيم البازيدية .

Dermatomycosis مرض فطرى جلدى : إصابة فطرية لجلد الحيوانـــات والإنســـان بفعل بعض الفطريات الممرضة .

Dermatophyte فطر جلدى : أحد الفطريات الممرضة لجلد الإنسان والحيوان .

Dictyospore جرثومة شبكية التقسيم : جرثومة مقسمة إلى عديد من الخلايا ؛ بحيث يبدو هذا التقسيم أفقياً وراسياً .

Dikaryon زوج نووى : نواتان متلازمتان فى خلية واحدة ، مصـــــدر كـــل منــــهما مختلف .

Dikaryotic مزدوج الأنوية : خلية تحتوى على زوج نووى .

Dimorphic ثنائى التشكل : فطر ينتج طرازين مختلفين من الجراثيم السابحة .

Diplanetism ثنائى الفترة السابحة : جراثيم هدبيـــة تسبح لفترة ثم تسكن وتفقـــد – أو تسحب – أهدابها ، وبعد فترة تعاود السباحة مرة ثانية .

Diploid ثنائى المجموعة الكروموسومية .

Dolipore septum حاجز مفتوح : حاجز متضخم وسط الخلية ، ذو شكل برميلـــــى مفتوح الطرفين .

Endobiotic طفيل داخلى : نمو كائن حى متطفل داخل كائن حى اخـــر – عـــائل – بحيث يحصل منه على احتياجاته الغذائية

Epigean فوق أرضى : ظهور الثمرة الفطرية فوق سطح الأرض .

Ergotism التسمم الإرجوتى : نوع من التسمم يحدث للإنسان أو الحيوانات عند تناول حبوب بعض النجيليات – كالشوفان – التى تحتوى على الأجسام الحجرية للفطر *Claviceps purpurea* .

Eucarpic حقيقى الثمرة : فطر يكون تراكيبه الجنسية على جزء من ثالوسه ، بينمـــا يستمر باقى الثالوس فى النمو ، مؤديا باقى وظائفه الجسدية .

Facultative parasite طفيل اختيارى (اختيارى التطفل) : كائن مترمم – عادة – فإذا ما صادفـــه عائـــل مناسب ، هاجمه متطـــفلا عليه . وعند اختفـــــاء ذلـــك العائل ، يعود الكائن للترمم مـــرة أخـــرى على البقايا والمخلفـــات العضويـــــة فى البيئة التى ينمو فيها .

Facultative saprophite رمى اختيارى (اختيارى الترمم) : كائن متطفل – عادة – على عائل حى يناسبه ، فإذا ما هلك هذا العائل ، استمر ذلك الكائن – مترمما – على مخلفـــات عائله – أو أية مخلفات عضوية أخرى – منتظـــرا مصادفـــة نفس العائل السابق ، أو عائل مناسب آخر للتطفل عليه .

Fairy ring حلقة الجان : حلقة تحددها ظهور أجسام ثمرية لأحـــد فطريـــات عيـــش الغراب على أرض عشبية – عادة – حيث كان يعتقد أن الجنيات تكونها لتلـــهو حولها ؛ لذلك أطلق عليها هذا الاسم . وقد تظهر – أحيانا – هذه الأجسام الثمرية فى شكل أقواس ، أو حلقات غير مكتملة .

Fertilization tube أنبوب إخصاب : أنبوب يتكون من الحافظة الجاميطية الذكرية ، تقوم باختراق الحافظة الجاميطية الأنثوية ، حيث تنقل خلالها الجاميطات (الأنوية) المذكرة إلى الأخرى المؤنثة .

Fission انشقاق : انقسام الخلية الفطرية إلي خليتين منفصلتين متشابهتين في الشكل والحجم ، كما هو الحال في بعض أنواع الخمائر .

Flagellum (للجمع flagella) سوط : تركيب متخصص على شكل سوط متحرك ، يعمل على دفع الخلية الفطرية – أو الجاميطة – للأمام ، بحيث تسبح لفترة قصيرة .

Fossil fungus فطر حفرى : أحد الفطريات البائدة التى كانت تنمو خلال العصور الجيولوجية القديمة ، ثم اندثرت بعد ذلك . وتظهر مثل هذه الفطريات على صورة جراثيم أو ميسليوم على بعض المخلفات العضوية (نباتية أو حيوانية) مكونة حفرية فطرية .

Fragmentation تجزؤ : انفصال خلايا الهيفات الفطرية إلى جزيئات منفصلة ، كل منها يتكون من خلية واحدة أو أكثر ، يستطيع كل جزء النمو مكونا ثالوسا فطريا جديدا . ويعتبر ذلك إحدى طرق التكاثر اللاجنسى .

Fruiting body جسم ثمرى : تركيب فطرى معقد يتكون من تجمع هيفات فطرية في نسيج بارانشيمى كاذب يتكون عليه أو داخله جراثيم الفطر الجنسية أو اللاجنسية .

Fungus (للجمع fungi) فطر : أحد الكائنات الحية الدقيقة التى تتميز بتكوين نموات خيطية الشكل ، متفرعة ، مقسمة بحواجز عرضية أو غير مقسمة ، وذات أنوية حقيقية .

Fungal insecticides مبيدات فطرية قاتلة للحشرات : مواد قاتلة للحشرات تحتوى على تراكيب لفطريات متخصصة في التطفل على بعض الحشرات الضارة ، وتستخدم مثل هذه المواد في المكافحة الحيوية للحشرات والآفات الضارة بصحة الإنسان أو بمحاصيله الاقتصادية .

Gamete جاميطة : خلية أو نواة جنسية تحتوى على نصف العدد الكروموسومى للكائن الحى ، تندمج مع غيرها خلال عملية التكاثر الجنسى .

Genus (للجمع genera) جنس : نسق تصنيفى يحتوى على مجموعة من الأنواع، ويأتى أولا في التسمية الثنائية .

Gongylidium (للجمع gongylidia) : أطراف هيفية منتفخة ، ذات شكل كروى أو صولجانى ، تتجمع في عناقيد . يتم تكوين مثل هذه التراكيب الفطرية على هيفات الفطريات التى تزرعها بعض الحشرات للتغذية عليها ؛ مثال ذلك حشرات النمل التى تزرع فطريات عيش الغراب .

Hallucinogenic mushroom فطر عيش غراب مؤثر على العقل والإدراك : نـوع من فطريات عيش الغراب التى كانت منتشرة فى بعض الحضارات الإنسـانية القديمة – مثل المكسيك – حيث كانت تستعمل خلال الطقـوس الوثنيـة لتـهيئ للمتعبدين حالة نفسية معينة تجعلهم – حسب اعتقـادهم – مسـتعدين لاسـتقبال تعليمات الإله .

Haploid أحـادى المجموعة الكروموسومية : خلية فطرية تحتـوى نواتـها علـى نصف العدد الكروموسومى (العدد المختزل) .

Haustorium (للجمع haustoria) ممص : تركيب فطرى متخصص ينبثق مـن هيفا الفطر المتطفل ، ينفذ داخل خلية العائل ليمتص منها احتياجاتـه الغذائيـة ، خاصة فى الفطريات ذات التطفل الإجبارى .

Helicospore جرثومة حلزونية : جرثومة ذات شكل ملتف أو قوقعى .

Heterogametes جاميطات متباينة : جـاميطات تكونها بعض الفطـريات ، تتمـيز بأن المـذكـرة منها تختـلف فـى الشـكل والحجم عن المؤنثـة ، مما يسهل التمييز بينهما .

Heterothallic متباين الثالوس الفطرى : ثالوس فطرى يحمل جاميطـات مذكـرة ومؤنثة لا يمكنها إتمام التكاثر الجنسى فيما بينها – غير متوالفة ذاتيا – ولإتمـام التكاثر الجنسى يجب وجود ثالوس فطرى آخـر يتوافق جنسـيا مـع الثـالوس الأول .

Holocarpic كلى الإثمار : تحول الثالوس الفطرى – بكامله – إلى تركيب أو أكـثر من التراكيب التناسلية .

Homothallic متشابه الثالوس الفطرى : ثالوس فطرى يحمل جاميطـات مذكـرة ومؤنثة ، ويتم التكاثر الجنسى بينهما نتيجة توالفهما ذاتيا .

Host عائل : كائن حى يأوى كائنا آخر يتطفل عليه .

Hyaline شفاف .

Hymenium (للجمع hymenia) طبقة خصيبة : طبقة من خلايا خصيبة تتكـون من الأكياس الأسكية أو البازيومات .

Hypha (للجمع hyphae) خيط فطرى (هيفا) : وحـدة التركيب فـى الفطـر . خيط إنبوبى ممتد ومتفرع ، قد يكون مقسم أو غير مقسم .

Hyphal body جسم هيفى : جزء من الغزل الفطرى فى الفطريات الحشرية التابعـة لرتبة الإنتوموفثورات Entomophthorales .

Hyphal coils لفات هيفية حلزونية : تركيب فطرى متخصص عبارة عـــن خيــوط هيفية دقيقة ملتفة ذات شكل مغزلى يكونها الفطر *Septobasidium* فى الفـــراغ الدموى لجسم الحشرة القشرية لامتصاص غذائه منها .

Hyphopodium (للجمع hyphopodia) قدم خيطى : تركيب فطرى متخصـــص عبارة عن زائـــدة صغيرة تتكون على هيفا الفطر بغرض تثبيته علــــى ســـطح العائل .

Hypogean تحت أرضى : تكون الثمرة الفطرية تحت سطح الأرض ، كما هو الحال فى ثمار الكمأة التى تكونها بعض الفطريات الأسكية .

Infection peg وتد عدوى : تركيب فطرى متخصص عبارة عن طرف هيفا مستدق، ينشأ عادة من عضو الالتصاق ، ويعمل على اختراق سطح العـــائل بـــالضغط المباشر مع إفراز بعض الإنزيمات المحللة ؛ مما يسمح للفطر المتطفـــل بنمـــو هيفاته داخلياً فى أنسجة العائل ، سواء بين الخلايا أو داخلها تبعاً لنـــوع الفطـــر الممرض .

Inoperculate sporangium كيس أسبورانجي لاغطائى : تركيب فطرى كـــروى الشكل – عادة – يحتوى على جراثيم هدبية تتحرر خارجة منه عن طريق تحلل الجدار الخارجى أو من خلال أنبوب تحرر .

Isogametes جاميطات متشابهة : جاميطات فطرية مختلفة جنســـيا ومتشابهـــة فـــى الشكل والحجم ، بحيث يصعب التمييز بين المذكرة والمؤنثة منها عند الفحـــص المجهرى .

Karyogamy اقتران نووى : إندماج نواتين أحاديتى المجموعة الكروموسومية لتكوين نواة تحتوى على ضعف العدد الكروموسومى . ويعتبر ذلك المرحلة الثانية مـــن مراحل التكاثر الجنسى .

Lichen أشنـــة : نمو مشترك لفطـــر مع طحلب ، بحيث تشترك أنسجتهما ووحداتهما التكاثرية ، متبادلتين المنفعة خلال حياتهما المشتركة .

Macroconidium (للجمع macroconidia) كونيدة كبيرة .

Macrocyst حوصلة كبيرة : جزء من جسم حجرى تكونـــه الفطريـــات الهلاميـــة ، يحتوى على عدة أنوية ، ويحاط بجـــدار ، بينما يتكون من كتـــل خلويـــة ذات جدار واحد فى الأكراسيالات .

Maize mushroom فطر عيش غراب الذرة : نوع من الأغذية الشعبية فى أمريكـــا الوسطى – خاصة المكسيك – عبارة عن كيزان ذرة شامية مصابـــة بمـــرض التفحم العادى المتسبب عن الفطر *Ustilago maydis* ، حيث تباع تجاريا تحت اسم **Cuitlacoche**. وهى تتميز بطعم لذيذ وقيمة غذائية عالية .

Medium (للجمع media) بيئة غذائية : مادة مستحضرة من مـــواد طبيعيـــة أو كيميائية أو مخلوط منهما ، تستخدم فى إنماء الكائنات الدقيقـــة فى المعمل ، وقد تكون صلبة أو سائلة .

Meiosis انقسام اختزالى : آخر مرحلة فى التكاثر الجنسى ، يتم خلالها انقسام النـــواة ثنائية المجموعة الكروموسومية إلى نواتين ، كـــل منـــهما أحاديـــة المجموعـــة الصبغية .

Memnospore جرثومة متحملة للظروف السيئة : جرثومة تتميز بجدار سميك ، مما يجعلها تتحمل الظروف السيئة دون أن تتأثر حيويتها ، مثـــال ذلـــك الجراثيـــم الكلاميدية (لاجنسية) والجراثيم البيضية والزيجية (جنسية) .

Merosporangium (للجمـــع merosporangia) حويفظـــة جرثوميـــة (كيـــس أسبورانجى صغير) .

Microconidium (للجمع microconidia) كونيدة صغيرة .

Microcyst حويصلة : جزء صغير متحوصل من البروتوبلاست ، يرمز عادة إلـــى تحوصل الأميبا الهلامية فى الفطريات الهلامية والاكراسيالات .

Micron ميكرون : وحدة للقياس مقدارها ٠,٠٠١ ملليمتر ويرمز لها بالرمز µ .

Monokaryotic وحيدة النواة : خلية تحتوى على نواة واحدة .

Monophyletic أحادى السلف (أحادى المنشأ) : كائن حى ينحدر من سلف وحيد.

Monoplanetic أحادى الفترة السابحة : الجـــراثيم الســـابحة التى تسبح لفترة واحدة ثم تفقد أسواطها أو تسحبهم داخل الخلية مرة أخـــرى ، ثم تســـكن وتبـــدأ فـــى الإنبات بعد ذلك .

Mucormycosis مرض ناتج عن أحـــد الفطريـــات التابعـــة لرتبـــة الميوكـــورات Mucorales **يصيب الإنسان والحيوان** .

Mushroom فطر عيش غراب : جسم ثمرى لأحد الأنواع كبيرة الحجم من الفطريات المأكولة – عادة – ذو شكل يسهل التعرف عليه وجمعه من أماكن تواجـــده ، أو من المزارع التجارية التى تقوم بزراعته .

Mycelium (للجمع mycelia) غزل فطرى : تراكيب خيطية أسطوانية متفرعـــة ، قد تكون مقسمة أو غير مقسمة ، تكون جسم الفطر (الثالوس الفطرى) بما قـــد تحمله من تراكيب فطرية أخرى .

Mycetangium (mycangium) حافظـ فطريـــة (للجمـــع mycetangia ، و mycangia) : جيوب خاصة فى جسم بعض الحشرات ، تحفظ فيها وحـــدات الفطر المتعايش معها خارجيا .

Mycetocyst خلية فطرية : واحدة من خلايا خاصة يكونها الفطر المتعايش داخليا مع الحشرات – مثل الخنافس – على جدار أنابيب القناة الهضمية الأعورية أو فـــى أنابيب ملبيجى ، حيث توجد داخل هذه الخلايا بعض أنواع الخمائر .

Mycetome جسم فطرى : تركيب فطرى متخصص ، يتكون مـــن تجمـــع الخلايـــا الفطرية بعضها مع بعض ؛ مكونة عضوا مميزا فى تجويف فم بعض الحشرات – مثل الحشرات نصفية الأجنحة وغير المتجانسة الأجنحـــة – ، وأيضـــا فـــى الجسم الدهنى للصراصير المنزلية كنوع من المعاشرة الداخلية .

Mycetophagous متغذّ على الفطريات : اعتماد بعض يرقات الحشرات – وأحيانـــا الأطوار الكاملة – على ميسليوم بعض الفطريات وجراثيمها فى التغذية ، كمـــا هو الحال فى الحشرات الثنائية الأجنحة والغمدية الأجنحة .

Mycobiont معاشر فطرى : اشتراك فطر ما مع كائن حىّ اخر فى حيـــاة تكافليـــة مشتركة تحقق لكل كائن منهما منفعة ما .

Mycoherbicide مبيد فطرى قاتل للأعشاب الضارة والحشائش : مواد متخصصـــة فى قتل الأعشاب الضارة والحشائش تحتوى على تراكيـــب فطريـــة لفطريـــات متطفلة ، تستخدم فى المكافحة الحيوية .

Mycology علم الفطريات : العلم الذى يهتم بدراسة الفطريات ، وخاصـــة ســـلوكها وتقسيمها .

Mycophagy متغذى على الفطريات .

Mycoprotein بروتين فطرى : استخدام بعض الفطريات فى إنتاج غذاء بروتينى ذى قيمة عالية ، مثال ذلك فطريات عيش الغراب .

Mycorrhiza جذر فطرى : نوع من المعاشرة بين هيفات فطريـــة وجـــذور بعـــض النباتات الراقية ، يحصل خلالها كل من النبات والفطر على فوائد مـــن ذلـــك . وتنقسم هذه العلاقة إلى داخلية وخارجية .

Mycotoxin توكسين فطرى : مادة سامة تفرزها بعض الفطريات ، ذات تاثير ضار على صحة الحيوان والإنسان . مثال ذلك الأفلاتوكسين Aflatoxin الذى يفـــرزه الفطر *Aspergillus flavus* .

Obligate parasite طفيل إجبارى (إجبارى التطفل) : كائن حـــى يحصـــل علـــى غذاءه من بروتوبلازم عائلـــه الحى ، فإذا مات عائله فقد – هو الأخر – حياته. ولا يمكن إنماء مثل هذا الكائن الحى على بيئات مجهزة فى المعمل .

Obligate saprophite رمى إجبارى (إجبارى الترمم) : كائن حى يحصل علـــى غذاءه من مواد عضوية غير حية ، ويعجز عن إصابة كائن حى أخر .

Ocellus بقعة عينية : جـــزء من تركـــيب الحـــامل الجـــرثومى لفطـــر قاذف القبعة (*Pilobolus* sp.) يقوم بوظيفة العدسة اللامة ، حيث يركز الأشعة الضوئيـــة على نقطة مقابلة حساسة للضوء (الشبكية) ، فيستجيب لها الحـــامل وينتحـــى ضوئيا .

Oidium (للجمع oidia) أويدة : خلية رقيقة الجدار ، تتكون عن طريق تجزؤ هيفا جسدية مقسمة إلى خلايا كروية الشكل ، تسلك ســـلوك الجراثيـــم اللاجنســـية ، وتعتبر إحدى طرق التكاثر اللاجنسى .

Oogonium (للجمع oogonia) أوجونيم : جاميطة مؤنثة تحتوى على بيضة واحدة أو أكثر .

Oospore جرثومة بيضية : جرثومة سميكة الجدار تتكون نتيجة التكاثر الجنسى فـــى الفطريات البيضية ، وقد تتكون بالتوالد البكرى .

Operculum (للجمع opercula) غطاء : قلنسوة مفصلية تغطى كيسا أســـبورانجيا أو كيسا أسكيا ، تسمح – عند انفتاحها – بخروج المحتويات الداخلية وتحررها.

Ostiole بويب : تركيب يشبه العنق فى الجسم الثمرى الأسكى ، تبطنه مـــن الداخـــل شعيرات عقيمة ، وينتهى بفتحة خارجية تسمح بخـــروج محتويـــات الجســـم الثمرى إلى الخارج وتحررها . وهو – كذلك – فتحة الوعاء البكنيدى .

Palaeomycology علم دراسة الفطريات الحفرية البائدة .

Parasite طفيل : كائن حى يعيش متغذيا على كائن حى اخر ، حيث يؤدى ذلك إلـــى سلب غذاء الكائن الأخير ومعاناته ، وظهور أعراض مرضية عليه .

Peridium (للجمع peridia) جراب ثمرى : الجدار الخارجى للجســـم الثمـــرى ، الذى قد يتكون من عدة طبقات ، داخلية وخارجية .

Perithecial stroma (للجمع perithecial stromata) حشية ثمريـــة أســـكية : تركيب فطرى يتكون من نسيج بارانشيمى كاذب تنغمد فيها أجسام ثمرية أسكية دورقيـــة .

Perithecium (للجمع perithecia) ثمرة أسكية دورقية : جســـم ثمـــرى أســـكى دورقى الشكل تتراص داخله الأكياس الأسكية على طبقة خصيبة يقابلـــها فتحـــة تحرر .

Petri dish طبق بترى : نسبة إلى العالم الألمانى بـــترى (L. Petri 1875-1946). وعاء زجاجى يتكون من طبق مسطح دائرى له جوانب رأسية ، وغطاء – أكبر منه قليلا – ينطبق عليه تمام الانطباق . يستعمل فى تنمية الأحياء الدقيقـــة بعـــد تعقيمه .

Phialid قارورة : تركيب فطرى متخصص يشبه قنينـــة صغـــيرة ، تتكـــون داخلـــه الجراثيم وتخرج من الفوهة متتالية .

Phialospore جرثومة قارورية : جرثومة لاجنسية تتكون داخل تركيب قـــارورى الشكل وتخرج من فوهته .

Planogamete جاميطة متحركة .

Plasmodium (للجمع plasmodia) بلازموديوم : كتلـــة بروتوبلازميـــة عديـــدة الأنوية ليس لها جدار خلوى (عارية) ، تتحرك وتتغذى مشابهة سلوك الأميبا . يعتبر الطور الجسدى فى الفطريات الهلامية و البلازموديوفورات .

plectenchyma نسيج فطرى : مصطلح شائع الإســـتخدام يطلـــق علـــى الأنســـجة الفطريـــة ، ويضم أنواعا متعددة منها البروزانشيمى والبارانشيمى الكاذب .

Polycentric متعدد المراكز : ثالوس فطـــرى ينبثق من عدة مراكـــز تتكـــون فيـــها أعضاء التكاثـــر ، مثل الأكيـــاس الأســـبورانجية (الحوافـــظ الجرثوميـــة) أو الجراثيم الساكنة .

Polyphyletic متعدد الاسلاف : كائن حى ينحدر من عدة أسلاف .

Polyplanetic متعدد الفترات السابحة : قدرة الوحدة الجرثومية المتحركـــة بـــأهداب على السباحة لفترات متتالية ، تتخللها فترات سكون تفقد فيها أهدابها . أو تعيـــد امتصاصها .

Porospore جرثومة ثقبية : جرثومة لاجنسية تخرج من ثـــقب فى الحامل الكونيدى.

Promycelium ميسليوم أولى : هيفات متفرعة مقسمة إلى خلايا ، يحتوى كل منـــها على نواة واحدة ، وينتج عن الاتحاد الجسدى لخلايا هذه الهيفات تكوين خلايـــا ذات نواتين تكوّن ميسليوما ثانويا .

Propagule وحدة فطرية : يقصد بها أى تركيب فطرى حى يســـاعد علـــى انتشـــار الفطر ، مثال ذلك القطع الهيفية والجراثيم اللاجنسية والجنسية المختلفة .

Prosenchyma نسيج بروزانشيمى : تجمع لهيفات الفطر النامية فى مكـــان مـــا ، متفرعة ومتداخلة ، بحيث تظل كل هيفا من هيفات الفطر محتفظة بفرديتها .

Protista القبليات : مملكة اقترحها الباحث الألمانى (1894) Haeckel فى محاولته لتصنيف الكائنات الحية التى تجمع بين الصفات النباتية والحيوانية .

Pseudoclamp اتصال كلابى كاذب – رابطة كلابية كاذبة : تركيب فطرى على شكل امتداد انبوبى وحيد الخلية ، ينمو من إحدى خلايا الـــهيفا المقســـمة ، ولكنـــه لا يتصل بالخلية المجاورة . وقد يتكون فى هذا التركيب جرثومة كلاميدية .

Pseudomycelium (للجمع pseudomycelia) غزل فطرى كاذب : مجموعة من الخلايا الناتجة من تبرعم أحد فطريات الخمائر فى شكل سلسلة ، ســـرعان مـــا تنفصل عن بعضها .

Pseudoparenchyma (للجمع pseudoparenchymata) نسيج بارنشيم كاذب : نوع من الأنسجة الفطرية التى تتكون من عديد من الهيفات الفطرية التى تندمـــج معا ، وتفقد فرديتها مكونة نسيج متماسك لحمى .

Pseudorrhiza جذر كاذب : تركيب فطرى ناتج من امتداد نمو ساق بعـــــض ثمـــار عيش الغراب لأسفل فى شكل مستدق ، ناميا تحت ســـطح الأرض بمـــا يشبـــه الجذر .

Pseudoseptum (للجمع pseudosepta) حاجز كاذب : جدار فاصل يشبه السدادة يتكون من السيليولين أو غيره من مواد ، ويوجد فى الهيفا الفطرية بمـــا يشبـــه الحاجز .

Pseudospore جرثومة كاذبة : جرثومة غير متحركة ، وعديمة الجدار (عاريـــة) توجد فى بعض الاكراسيالات .

Pseudothecium (pseudoperithecium) ثمرة أسكية كاذبـــة : جســـم ثمـــرى أسكى متعدد الغرف يحتوى بداخله على عديد من الأكياس الأسكية .

Pycnosclerotium (للجمع pycnosclerotia) جسم حجرى بكنى : تركيب فطرى ذو جدار صلب إلى حد ما ، يشبه الوعاء البكنيدى ، ولكنه خال من الجراثيم .

Rhizoid شبه جذر : تركيب فطرى متخصص ، عبارة عن فريعات هيفيـــة قصـــيرة ودقيقة ، تتخلل المادة الغذائية التى ينمو عليها الفطر لامتصاص احتياجات الفطر الغذائية منها .

Rhizomorph شكل جذرى : تركيب فطرى متخصص ، ينتج من تجمع هيفات الفطر فى نسيج مترابط تفقد فيه فرديتها ، وله قمة نامية بحيث يأخذ هذا التركيب شكل

جذور النباتات الراقية ، ومن هنا جاءت التسمية . يتكون فى بعض فطريات عيش الغراب .

Saprophite مترمم (رمى) : كائن يستمد غذاءه من مادة عضوية غير حية .

Sclerotium (للجمع sclerotia) جسم حجرى : تركيب فطرى صلب يتكون من التفاف هيفات الفطر على بعضها ، يحيط به جدار صلب عادة ، يتحمل الظروف البيئية غير المواتية محتفظاً بحيويته لمدة طويلة ، ثم يعاود الإنبات عند تحسن هذه الظروف .

Sclerocarp ثمرة حجرية : تركيب فطرى يتكون من كتل هيفية ملتفة حول نفسها ، تكونها بعض الفطريات الناقصة البحرية على شاطئ البحر ، حيث يلتصق هذا التركيب برمال الشاطئ متحملاً درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة .

Scolecospore جرثومة خيطية الشكل .

Septum (للجمع Septa) حاجز : جدار مستعرض فى هيفا فطرية ، يقسمها إلى وحدات (خلايا) يحتوى كل منها على نواة واحدة أو أكثر .

Seta (للجمع setae) شعرة صلبة .

Somatogamy اقتران جسدى : اندماج خلايا جسدية فى أول مراحل التكاثر الجنسى بحيث يتحد السيتوبلازم دون الأنوية .

Species (للجمع species) نوع : وحدة التصنيف ، مجموعة وثيقة الإتصال من الأفراد بينها تشابه فى بعض الصفات الموروثة ، ويرمز إليه بالتسمية الثنائية المكونة من أسم الجنس وكنية النوع .

Spermatium (للجمع spermatia) بذيرة (جاميطة) : تركيب ذكرى غير متحرك، وحيد النواة ، يفرغ محتوياته فى تركيب أنثوى خلال عملية الإقتران البلازمى .

Spontaneous generation نظرية التوالد الذاتى : نظرية ثبت خطؤها ، تفترض نشأة بعض الكائنات الحية من مواد غير حية ، واستمرت حتى نهاية القرن التاسع عشر.

Sporangiolum (للجمع sporangiola) كيس اسبورانجى صغير : تركيب فطرى يأخذ شكل كروى – عادة – يحتوى على عدد محدود من الجراثيم .

Sporangiophore حامل أسبورانجى : تركيب فطرى متخصص فى حمل الكيس الاسبورانجى .

Sporangiospore جرثومة أسبورانجية : جرثومة لاجنسية تتكـــون داخـــل كيـــس جرثومى (أسبورانجى) .

Sporangium (للجمع sporangia) كيس أســبورانجى (حافظـــة جرثوميـــة) : تركيب فطرى متخصص يشبه الكيس ، تنقسم محتوياته الداخلية ؛ لتعطى عـــدداً كبيراً من الجراثيم اللاجنسية .

Spore جرثومة : تركيب فطرى دقيق يتكون بطريقة جنسية أو لاجنسية . وسيلة هامة لانتشار الفطر إلى بيئات أخرى قد تكون أفضل من البيئة التى ينمو عليها ، كما تحافظ على النوع من الانقراض .

Spore mother cell خلية مولدة للجرثومة : خلية متخصصة تتكـــون علـــى هيفـــا الفطـــر ، وقد تكون أحد خلاياه ، أو ذات شكل متميز ، وقد تحمل علـــى فـــرع متخصص (حامل) أو تكون جالسة على الهيفا . وتعتبر هذه الخليـــة تحـــوراً وظيفيا بغرض تكوين جراثيم الفطر اللاجنسية .

Sporocyte كيس جرثومى : تركيب فطرى يحتوى على الجراثيـــم فـــى الفطريـــات الهلامية الشبكية .

Sporodochium (للجمع sporodochia) وسادة جرثومية : تركيب فطرى مـــن هيفات فطرية يكوّن شكل يشبه الوسادة ، تتكون عليه حوامل كونيدية .

Sporophore حامل جرثومى : تركيب فطرى متخصص فى حمل الجراثيم .

Sterigma (للجمع sterigmata) ذنيب : تركيب فطـــرى دقيـــق يحمـــل حافظـــة جرثومية أو جرثومة كونيدية أو جرثومة بازيدية .

Sticky hypha هيفا لاصقة : تركيب فطرى من هيفات فطرية تفرز مـــواد لاصقـــة قوية تستعمل لاصطياد النيماتودا فى الفطريات المتطفلة خارجياً على النيماتودا .

Sticky knob عقدة لاصقة : تركيب فطرى يتكون من عقد صغـــيرة تتكـــون علـــى هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، يتميز بقدرتـــه الفائقـــة فـــى الالتصاق بالفريســـة .

Stroma (للجمع stromata) حشية ثمرية : تركيب فطرى من هيفات مدمجة فـــى شكل يشبه الحشية ، تنغمد فيه أجسام ثمرية .

Synnema (للجمع synnemata) ضفيرة كونيدية : تركيب فطرى يتكون من عديد من الهيفات الفطـــرية المفتولة فى شـــكل ضفيرة قائمـــة تحمـــل علـــى قمتـــها كونيديات .

Tea mushroom فطر عيش غراب الشاى : أحد المشروبات الشعبية المنتشرة محليا فى اليابان ، يتميز بفوائده الطبية العالية ويطلق عليه هـــناك أسـم كامبوتشـــا

Kambucha. ويتم تكوين هذا المشروب بإنماء بعض الميكروبات فـــى وعـــاء يحتوى على شاى محلى بالسكر .

Telemorph طور كامل : فطر يكون طوراً جنسياً خلال نموه .

Thallophyte نبات ثالوسى : نبات يفتقر طوره الجسدى إلى كل من الساق الأوراق والجذور ويتكاثر بواسطة الجراثيم .

Thallus (للجمع thalli) ثالوس : تركيب بسيط يفتقر إلى تخصص أعضائه ، وهو يمثل الطور الجسدى فى الفطريات .

Toadstool فطر عيش غراب غير مأكول (قد يكون ساماً) : تسمية تاريخية ترجع إلى العصر الفيكتورى ، وتعنى مقعد الضفدعة .

Trichogyne شعيرة أنثوية : تركيب فطرى طويل يشبه الشعـــيرة فـــى الفطريـــات الأسكية ، يمثل الجاميطة المؤنثة .

Trophocyst كيس غذائى : خلية متضخمة عند قاعدة الحامل الأســـبورانجى لفطـــر قاذف القبعة *Pilobolus* ، تتصل بالمادة الغذائية التى ينمو عليها هيفات الفطر ، وهى - غالباً - روث الحيوانات العشبية .

Vesicle فقاعة : تركيب فطرى رقيق يشبه الفقاعة ، تتميز داخله ، أو تتحـــرر منـــه الجراثيم السابحة .

Zoosporangium كيس يحتوى على جراثيم سابحة .

Zoospore جرثومة سابحة : جرثومة لاجنسية متحركة بواســـطة ســـوط واحـــد أو سوطين .

Zygospore جرثومة زيجية : جرثومة ساكنة تنتج عن اندماج جاميطتين متشابـــهتين فى الشكل والحجم .

Zygote زيجوت : خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية تنتج عن اتحـــاد جـــاميطتين تحتوى كل منهما على نواة أحادية المجموعة الكروموسومية .



ملحق ٣

الأسماء العلمية الواردة في هذا الكتاب

ملحق ٣
الأسماء العلمية للفطريات الواردة فى هذا الكتاب

تمهيد

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Actinomucor		٥١
Agaricus	*bisporus*	٤٥
	brunnescens	٤٥
Amanita	*muscaria*	٣٦
Armillaria	*bulbosa*	٣٨
Aspergillus	*flavus*	٤٠
	fumigatus	٤٢
	ochraceus	٤٠
	parasiticus	٤٠
Basidiobolus		٤٢
Botrytis	*cinerea*	٥٢
Candida	*albicans*	٤٢
Candidiobolus		٤٢
Cephalosporium	*acremonium*	٤٤
Claviceps	*purpurea*	٤٠
Clitocybe	*illudens*	٣٦
Colletotrichum	*gloeosporioides*	٥٦
Cylindrocarpon	*lucidum*	٤٤
Cyttaria		٤٦ – ٤٧
	espinosae	٤٨
Epidermophyton	*floccosum*	٤٢
Flammulina	*velutipes*	٤٥
Fomitopsis	*officinalis*	٣٦ – ٤٤
Fusarium	*graminearum*	٥١
	moniliforme	٤٠
Ganoderma	*lucidum*	٤٤
Histoplasma	*capsulatum*	٤٢
Lentinus	*edodus*	٤٥
Microsporus		٤٢
Mucor		٥١ – ٥٣

الباب الأول : المملكة الفطرية

الباب الثانى ـ الفطريات الحفرية :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Lambertia	*schaefernai*	١٦١
Lariciformes	*officinalis*	١٧٠
Lenzites	*betulina*	١٧٢
Leptolegnia	*marine*	١٠٧
Meliola		١١٧
Milesia		١٤٣
Mycocarpon		١١٦ - ١١٧ - ١٣٥
	asterineum	١٢٩
	bimuraatus	١٣١ - ١٣٣ - ١٣٥ - ١٣٦ - ١٣٧ - ١٣٨
	flexus	١٢٨ - ١٢٩
	ornatus	١٢٨
	pachyderma	١٢٨
Mycorrhizonium		١١٤
Oochytrium		١١٥
Ordovicimyces		١٠٧
Paecilomyces		١٢٠
Palaeancistrus		١١٨
	martinii	١٤٠
Palaeoachlya	*silurica*	١٠٧
Palaeomyces		١١٣ - ١١٨
	asteroxylii	١١٠
	gordonii	١١٠
Palaeosclerotium		١١٧ - ١٢٠
Paleoslimacomyces		١٦٤
	canadensis	١٥٣ - ١٦٦ - ١٦٩
Paraphoma		١٣٥
Patouillardiella		١١٧
Penicillium	*cyclopium*	١٤٩
Peronospora		١١٥
Peronosporites	*antiquaris*	١١٥
Pestalotia	*macrochaeta*	١٤٩
Phellinites	*digustoi*	١٤٠
Phleospora	*crescentum*	١٤٩
Phyllosticta	*violae*	١٤٩
Piriurella		١٦١ - ١٦٢
	alternariata	١٥٣ - ١٦٠
	elongata	١٦٠ - ١٦١
Pleospora		١١٦
	herbarum	١٤٩
Pleosporites		١١٦

الباب الثالث - الفطريات المائية :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Abyssomyces	*hydrozoicus*	١٩٩
Achlya		٢١٤ - ٢١٥
	radiosa	٢٢٨
Achlya	*sparrowii*	٢١٥
Aigilus	*grandis*	١٨٩
Alatospora		٢٣٣ - ٢٣٤
	acuminata	٢٤٥ - ٢٤٦ - ٢٥٢
Allescheriella	*bathygena*	١٩٩
Alternaria		١٨٢ - ٢٤٣
	maritima	٢٠٣
Althornia	*crouchii*	١٩٦
Amylocarpus	*encephaloides*	٢٠٨
Anguicraassa		٢٤٥
Anguillospora	*crassa*	٢٣٥ - ٢٤٧
	gigantea	٢٤٦
	longissima	٢٣٥
	rosea	٢٥٤
	mangrovii	١٨٩
Antennospora		١٩٤
Aphanomyces		٢١٤
	astaci	٢٢١
Apodachlya		٢١٩
	laevis	٢١٤ - ٢٢٨
Apostemidium		٢٣٠
	guernisaci	٢٣١
Appendichoraella	*amicta*	١٨٩ - ١٩١ - ١٩٣
Aqualinderella		٢١٩
	fermentans	٢٤٠ - ٢٤١
Arenariomyces	*trifurcata*	٢٠٢ - ٢٠٣ - ٢٠٦ - ٢٠٨
Apodachlya		٢١٩
Articullospora	*tetracladia*	٢٣٨ - ٢٣٩ - ٢٥٤
Asteromyces	*cruciatus*	١٩٨ - ٢٠٠
Aureobasidium		١٨٢ - ٢٤٣
Bathyacus	*vermisporus*	١٩٩
Berguenerula	*spartina*	٢٠٣
Blastocladia	*ramosa*	٢٤٠
Brachiosphaera	*tropicalis*	٢٤٩

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Rhizophydium	*planktonicum*	٢١٧ - ٢١٨
Ruppia	*maritima*	١٨٤
Saprolegnia		٢١٣ - ٢١٤ - ٢١٥ - ٢٢١ - ٢٢٢ - ٢٢٣
	delica	٢٢٨
	diclina	٢١٤ - ٢٢٨
	ferax	٢٢٨
	hypogyna	٢٢٨
	litorles	٢١٥ - ٢٢٨
	monoica	٢٢٨
	parasitica	٢٢١ - ٢٢٤ - ٢٢٥ - ٢٢٩
	terestris	٢١٥
Sapromyces		٢١٩
	elongatus	٢٤١
Scoliolegnia	*asterophora*	٢١٥
Sigmoidea	*maruma*	١٩٨
Spathulospora		١٩٣
	phycophila	٢٠٩
Sporidesmium	*salinum*	٢٠٠
Swampomyces		١٩٤
Tetrachaetum	*elegans*	٢٥٠ - ٢٥٢
Tetracladium	*marchalianum*	٢٤٤ - ٢٤٦ - ٢٤٧
	setigerum	٢٥٣
Thraustochytrium	*proliferum*	١٨٨-
Thraustotheca		٢١٥
Trichocladium	*achrasporum*	٢٠٠
Trichomaris	*imvadens*	١٨٩
Tricladium		٢٠٦ - ٢٣٣ - ٢٣٤ - ٢٣٧
	giganteum	٢٤٨
	splendens	٢٣٨ - ٢٥٤
Triscelophorus	*monosporus*	٢٤٤ - ٢٤٩ - ٢٥٠
Tumularia	*aquatica*	٢٤٧ - ٢٤٨
Varicosporina	*ramulosa*	١٩٨ - ٢٠١ - ٢٠٧
Zalerion		٢٠٤
	maritimum	١٩٩ - ٢٠٠ - ٢٠٣ - ٢٠٥ - ٢٠٦
Zygrrhizidum	*affluens*	٢١٧
	planktonicum	٢١٧

الباب الرابع ـ الفطريات الأرضية :

الباب الخامس ـ فطريات سطوح الأوراق :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Alternaria		٣١١ – ٣١٢ – ٣٢٢ – ٣٢٥ – ٣٢٦ – ٣٣٠ – ٣٣١ – ٣٣٤ – ٣٥١ – ٣٥٧
	alternata	٣١٧ – ٣٢٤ – ٣٣٠ – ٣٣٤ – ٣٣٥ – ٣٣٦ – ٣٤٠ – ٣٤٢ – ٣٦٦ – ٣٦٧ – ٣٧١ – ٣٧٤ – ٣٧٦
	brassicicola	٣٧٩ – ٣٨٠
	chartarum	٣٣٠ – ٣٥٨
	solani	٣٧٤
	tenuis	٣٦٣ – ٣٦٤ – ٣٧٠
Acremonium	*strictum*	٣٣٥
Apiognomonia	*errabunda*	٣٢٧
Ascochytula	*obiones*	٣٦٦
	pinodes	٣٦٧
Aspegillus		٣٢٥ – ٣٢٦ – ٣٣٤ – ٣٣٧ – ٣٣٨ – ٣٦٣
	niger	٣٣٦ – ٣٦٤ – ٣٧٨
	fumigatus	٣٣٤ – ٣٣٥
	ochraceous	٣٣٦ – ٣٧٤
Aureobasidium		٣١٠ – ٣١٣ – ٣١٧ – ٣٢٦ – ٣٣٢ – ٣٣٣ – ٣٣٤ – ٣٥٥ – ٣٦٥
	pullulans	٣١١ – ٣٢١ – ٣٢٢ – ٣٢٣ – ٣٢٧ – ٣٢٨ – ٣٣٠ – ٣٣١ – ٣٣٦ – ٣٣٩ – ٣٥٦ – ٣٥٧ – ٣٥٨ – ٣٦٤ – ٣٦٦ – ٣٦٧ – ٣٧١ – ٣٧٤ – ٣٧٩
Botrytis		٣١٢ – ٣٢٦ – ٣٣٠ – ٣٣٦
	cinerea	٣١١ – ٣١٧ – ٣٢٠ – ٣٢٣ – ٣٢٧ – ٣٣٠ – ٣٥٤ – ٣٥٥ – ٣٥٧ – ٣٦٤ – ٣٨٢
	fabae	٣١٩
Bullera		٣١٥ – ٣٣٠
	aurantiaca	٣٣٨ – ٣٦٧
Candida		٣١٠ – ٣٣١ – ٣٦٤
	albicans	٣٣٠
	hordei	٣٣٨ – ٣٦٧
Cephalosporium		٣٣٠ – ٣٦٢

الباب السادس ـ فطريات الروث :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Arthrobotrys		٤٠٧
Ascobolus		٤٠٧ - ٤١٠ - ٤١٦ - ٤٥٩
	albidus	٤٤٧ - ٤٤٨
	boudieri	٤٤٨
	brassicae	٤٤٨
	carletonii	٤٤٨
	crenulatus	٤٤٨ - ٤٥٨ - ٤٦٠ - ٤٦١
	crevinus	٤٤٨
	degluptus	٤٤٨
	elegans	٤٤٨
	furfuraceus	٤٤٧ - ٤٤٨
	glaber	٤٥٥
	immersus	٤٤٥ - ٤٤٧ - ٤٤٨
	lignatilis	٤٤٨
	mancus	٤٤٨
	minutus	٤٤٨
	perplexans	٤٤٨
	stictoideus	٤٤٨
	roscopurpurcus	٤٤٨
	viridulus	٤٥٩
Ascodesmis	*microscopica*	٤٤٩
	nigricans	٤٤٩
	porcina	٤٤٩
Ascophanus	*misturae*	٤٤٩
Ascozonus	*leveilleanus*	٤٤٩
	woolhopensis	٤٤٩
Cheilymenia	*fumicola*	٤٤٩
	raripila	٤٤٩
	stercorea	٤٤٩
Coniochaeta		٤٠٧ - ٤١٦ - ٤٤٧
Conocybe		٤٠٧ - ٤١٦
	pubescens	٤٠٨
	rickenii	٤٠٩
Coprinus		٤٠٦ - ٤٠٧ - ٤١٠ - ٤١١ - ٤١٤ - ٤١٦ - ٤٤٦ - ٤٥٠
	heptemerus	٤٥٩ - ٤٦٠ - ٤٦١
	miser	٤٢٠

الباب السابع ـ فطريات الرماد :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
	leicarpa	٤٨٠
	trachycapa	٤٨٠
Podospora		٤٨٥
Psathyrella	*carbonicola*	٤٨٨
Pulvinula	*convexella*	٤٨٠
Pyronema		٤٨٦
	domesticum	٤٨٧ – ٤٨٦ – ٤٨٠
	omphalodes	٤٨٠
Pyropyxis	*rubra*	٤٨٥ – ٤٨٤
Rhizina	*undulata*	– ٤٨٥ – ٤٨١ – ٤٨٠ – ٤٧٦ ٤٨٦
Ripartites	*tricholoma*	٤٨١ – ٤٧٧
Schizophyllum	*commune*	٤٨٨
Sordaria		٤٨٥
Sphaerospora	*brunnea*	٤٨٥
Sphaerosporella	*brunnea*	٤٨٤ – ٤٨٠
	hinnulea	٤٧٦
Sporormiella		٤٨٥
Tephrocybe	*carbonaria*	٤٧٩ – ٤٧٧ – ٤٧٦
Trichophaea	*abundans*	٤٨٤ – ٤٧٩
	gregaria	٤٧٦
	hemisphaeridoides	– ٤٨٥ – ٤٧٩ – ٤٧٧ – ٤٧٦ ٤٨٨
Ubundans		٤٧٦

الباب الثامن ـ الفطريات والنيماتودا :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Paecilomyces		٦٠١
	coccospora	٥٧٩
Paecilomyces	*lilacinus*	٥٦١ – ٥٦٤ – ٥٩٠ – ٥٩٢
Plesisospora	*globosa*	٥٧٩
Pleurotus		٥٠٠
	ostreatus	٥٧٦
Protascus		٥٠٠
Rhizoctonia		٥٧٢ – ٥٩٣
Rhopalomyces		٥٠٠
	elegans	٥٥٩ – ٥٦٠ – ٥٦١ – ٥٦٢ – ٦٠٢
Stylopage		٥٠٠
	hadra	٥٠٤ – ٥٠٥ – ٥٠٦ – ٥٩٥
Trichoderma	*harzianum*	٥٩٣
Trichothecium	*cystosporum*	٥٧٠
Verticillium		٥٠٠ – ٥٣٨ – ٥٥٠ – ٥٥٢ – ٥٧٧ – ٦٠١
	alboatrum	٥٦٠
	balanoides	٥٦٨ – ٥٦٩
	chlamydosporium	٥٦٤ – ٥٩٠
	psalliotae	٥٦٠
	sphaerosporum	٥٧٩

الباب التاسع ـ الفطريات والحشرات :

الاسم العلمي للفطر		رقم الصفحة
Lagenidium	*alganicum*	٧٠٠
	giganteum	٨٠٢ – ٧٥٤
	rabenhorstii	٧٠٠
Lepiota		
Leptolegnia		٦٩٩
Leucoagaricus	*gongylophorus*	٦٦٢ – ٦٤٢ – ٦٣٧
Leucocoprinus		٦٤٢
Massospora		٧٠٦
	cicadina	٧٠٩
Metarhizium		٧٨٨ – ٧٨٣
	anisopliae	– ٧٨٣ – ٧٧٨ – ٧٤٦ – ٧٤٥ – ٧٨٨ – ٧٨٦ – ٧٨٥ – ٧٨٤ ٨٠٥ – ٧٩٣ – ٧٩٢ – ٧٨٩
Monilia		٦٧٠ – ٦٦٢
	candida	٦٦٦
Monilia	*fructicola*	٦٩٣
Monocrosporium		٦٧١
Monosporiella		٧١٠
Mucor	*hiemalis*	٧٤٩
Mycoderma		٧١١
Neozygites		٧٠٦
Nomuraea		٧٧٨
	atypicola	٧٨٠ – ٧٧٩ – ٧٧٧
Nomuraea	*rileyi*	٧٩٧ – ٧٨٤ – ٧٥٤ – ٧٤٥
Oospora	*destructor*	٧٥٧
Paecilomyces		– ٧٧٨ – ٧٤٥ – ٧١٥ – ٧١٣ ٧٨٨
Paecilomyces	*fumosoroseus*	٧٧٧ – ٧٥٤
Penicilium		٦٦٢
Phialophoropsis		٦٧١
Phytophthora	*phaseoli*	٦٩١
Podaxis	*pistillaris*	٦٦١ – ٦٥٤
Pondora		٧٦٩
Pyxidiophora		٧٤١
Raffaelea		٦٧١
Rhachomyces		٧٤٠ – ٧٣٧ – ٧٢٨
Rhizopus	*nigricans*	٦٩٦
Ricia		
Saccharomyces		٧١١
Septobasidium		– ٦٢٥ – ٦٢٤ – ٦٢٣ – ٦٢٢ ٦٤٢ – ٦٣١ – ٦٢٩ – ٦٢٦